



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Rapport om

modelforsøg med bølgeuro i Ny Nordhavn, Grenå Havn

Burcharth, Hans F.; Brorsen, Michael; Frigaard, Peter

Publication date:
1992

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Burcharth, H. F., Brorsen, M., & Frigaard, P. (1992). *Rapport om: modelforsøg med bølgeuro i Ny Nordhavn, Grenå Havn*. Aalborg Universitetscenter, Inst. for Vand, Jord og Miljøteknik, Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING
INSTITUTTET FOR VAND, JORD OG MILJØTEKNIK
AUC, Sohngaardsholmsvej 57, 9000 Aalborg.



Rapport om
MODELFORSØG MED BØLGEURO
I NY NORDHAVN, GRENÅ HAVN
Januar 1992

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	5
2	Konklusion	7
3	Undersøgelsesstrategi	8
4	Bølge- og vandstandsforhold	9
5	Beregning af bølgefelter med numerisk model	12
5.1	Fysisk baggrund for den numeriske model	13
5.2	Opbygning af numerisk model	14
5.3	Diskussion af resultater	15
6	Beskrivelse af fysisk model og forsøgsmetodik	17
7	Forsøgsresultater	19
7.1	Eksisterende havn, bilag 3.01 - 3.03	19
7.2	Dansk Geoteknik A/S's forslag til havneplan (bilag 3.04 - 3.06) . . .	19
7.3	Dansk Geoteknik A/S's forslag til havneplan + nordmole (bilag 3.07)	20
7.4	Dansk Geoteknik A/S's forslag til havneplan + nordmole – 50 m østmole (bilag 3.08 - 3.10)	20
7.5	Revideret design (bilag 3.11 - 3.29)	20

Bilagsfortegnelse:

- Bilag 1.1 : Linieføring af sejlrende.
- Bilag 1.2 : Revideret linieføring af sejlrende.

- Bilag 2.1 : Placering af numerisk model ved beregning af bølger fra NØ.
- Bilag 2.2 : Vanddybder i numerisk model. Bølger fra NØ. Dybder i sejlrende er 10 m.
- Bilag 2.3 : Vanddybder i numerisk model. Bølger fra NØ. Dybder i sejlrende er 8 m.
- Bilag 2.4 : Bølgefronter. N 30.
- Bilag 2.5 : Isolinier af relativ bølgehøjde. N 30.
- Bilag 2.6 : Isolinier af relativ bølgehøjde. Detailområde. N 30.
- Bilag 2.7 : Bølgefronter. N 45.
- Bilag 2.8 : Isolinier af relativ bølgehøjde. N 45.
- Bilag 2.9 : Isolinier af relativ bølgehøjde. Detailområde. N 45.
- Bilag 2.10 : Bølgefronter. N 45.
- Bilag 2.11 : Isolinier af relativ bølgehøjde. N 45.
- Bilag 2.12 : Isolinier af relativ bølgehøjde. Detailområde. N 45.
- Bilag 2.13 : Bølgefronter. N 45.
- Bilag 2.14 : Isolinier af relativ bølgehøjde. N 45.
- Bilag 2.15 : Isolinier af relativ bølgehøjde. Detailområde. N 45.
- Bilag 2.16 : Bølgefronter. N 45.
- Bilag 2.17 : Isolinier af relativ bølgehøjde. N 45.
- Bilag 2.18 : Isolinier af relativ bølgehøjde. Detailområde. N 45.
- Bilag 2.19 : Bølgefronter. N 45.
- Bilag 2.20 : Isolinier af relativ bølgehøjde. N 45.
- Bilag 2.21 : Isolinier af relativ bølgehøjde. Detailområde. N 45.
- Bilag 2.22 : Bølgefronter. N 60.
- Bilag 2.23 : Isolinier af relativ bølgehøjde. N 60.
- Bilag 2.24 : Isolinier af relativ bølgehøjde. Detailområde. N 60.
- Bilag 2.25 : Bølgefronter. N 75.
- Bilag 2.26 : Isolinier af relativ bølgehøjde. N 75.

- Bilag 2.27 : Isolinier af relativ bølgehøjde. Detailområde. N 75.
- Bilag 2.28 : Bølgefronter. N 90.
- Bilag 2.29 : Isolinier af relativ bølgehøjde. N 90.
- Bilag 2.30 : Isolinier af relativ bølgehøjde. Detailområde. N 90.
- Bilag 2.31 : Bølgefronter. N 90.
- Bilag 2.32 : Isolinier af relativ bølgehøjde. N 90.
- Bilag 2.33 : Isolinier af relativ bølgehøjde. Detailområde. N 90.
- Bilag 2.34 : Bølgefronter. N 135.
- Bilag 2.35 : Isolinier af relativ bølgehøjde. N 135.
- Bilag 2.36 : Isolinier af relativ bølgehøjde. Detailområde. N 135.
-
- Bilag 3.1 : Målte bølgehøjder. Eksisterende havn.
- Bilag 3.2 : Målte bølgehøjder. Eksisterende havn.
- Bilag 3.3 : Målte bølgehøjder. Eksisterende havn.
- Bilag 3.4 : Målte bølgehøjder. Dansk Geoteknik a/s forslag til havneplan.
- Bilag 3.5 : Målte bølgehøjder. Dansk Geoteknik a/s forslag til havneplan.
- Bilag 3.6 : Målte bølgehøjder. Dansk Geoteknik a/s forslag til havneplan.
- Bilag 3.7 : Målte bølgehøjder. Dansk Geoteknik a/s forslag til havneplan + nordmole.
- Bilag 3.8 : Målte bølgehøjder. Dansk Geoteknik a/s forslag til havneplan + nordmole - 50 m østmole.
- Bilag 3.9 : Målte bølgehøjder. Dansk Geoteknik a/s forslag til havneplan + nordmole - 50 m østmole.
- Bilag 3.10 : Målte bølgehøjder. Dansk Geoteknik a/s forslag til havneplan + nordmole - 50 m østmole.
- Bilag 3.11 : Målte bølgehøjder. Revideret design.
- Bilag 3.12 : Målte bølgehøjder. Revideret design.
- Bilag 3.13 : Målte bølgehøjder. Revideret design.
- Bilag 3.14 : Målte bølgehøjder. Revideret design — 50 m østmole.
- Bilag 3.15 : Målte bølgehøjder. Revideret design — 50 m østmole.
- Bilag 3.16 : Målte bølgehøjder. Revideret design — 50 m østmole.
- Bilag 3.17 : Målte bølgehøjder. Revideret design — 35 m østmole.
- Bilag 3.18 : Målte bølgehøjder. Revideret design — 35 m østmole.
- Bilag 3.19 : Målte bølgehøjder. Revideret design — 35 m østmole.

- Bilag 3.20 : Målte bølgehøjder. Revideret design — 35 m østmole.
 - Bilag 3.21 : Målte bølgehøjder. Revideret design — 25 m østmole.
 - Bilag 3.22 : Målte bølgehøjder. Revideret design — 15 m østmole.
 - Bilag 3.23 : Målte bølgehøjder. Revideret design — 15 m østmole.
 - Bilag 3.24 : Målte bølgehøjder. Dansk Geoteknik a/s forslag til havneplan + nordmole — 15 m østmole.
 - Bilag 3.25 : Definition af målepunkter langs Djurslandskaj.
 - Bilag 3.26 : Bølgehøjders afhængighed af længden af østmolen.
 - Bilag 3.27 : Middelbølgehøjdens afhængighed af længden af østmolen.
 - Bilag 3.28 : Bølgehøjders afhængighed af længden af østmolen.
 - Bilag 3.29 : Middelbølgehøjdens afhængighed af længden af østmolen.
-
- Bilag 4.1 : Fotografier af modellen.
 - Bilag 4.2 : Fotografier af modellen.

1 Indledning

På foranledning af Dansk Geoteknik A/S har laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, AUC, udført modelforsøg til bestemmelse af bølgeforholdene i Grenå Havn i forbindelse med en planlagt større udbygning af havnen mod nord. Udbygningen omfatter en kajstrækning med 10 meters vanddybde for skibe på op til 10.000 DWT. Som led i modelforsøgene blev foretaget en optimering af dækmolernes længde.

Ledelse af undersøgelserne og rapportering er forestået af ingeniørdocent H.F. Burcharth, lektor civ.ing. Michael Brorsen samt adjunkt civ.ing. Peter Frigaard.

Modelarbejdet er udført af laboranterne Jørgen S. Sørensen, Niels Drustrup, Werner Nielsen og Jens Pedersen.

Oplæg fra Dansk Geoteknik A/S, dateret 12.8.1991, er vedlagt som bilag 1.1.

I forbindelse med undersøgelserne er der efter kontraktindgåelse medio november 1991 afholdt følgende møder:

Den 18.12.1991 besigtigelse af indledende modelforsøg med deltagelse af

Ivar Rasmussen
Jørn A. Ovesen

Grenå havneudvalg
Havnechef, Grenå havn

Jørn A. Ovesen bekræftede eksistensen af de observerede langperiodiske svingninger i de indre bassiner.

Den 8.1.1992 besigtigelse af modelforsøg med deltagelse af

Arne Jessen
Svend Aa. Mikkelsen
Knud Møller
Ivar Rasmussen
Peter Christensen
Ole Hansen
Jørn A. Ovesen
Eivin Laursen
C.P. Olsen
Arne Buhl Petersen

Borgmester, Grenå
Fm., Grenå havneudvalg
Næstfm., — —
Medlem, — —
Medlem, — —
Medlem, — —
Havnechef, Grenå
Havnefoged, Grenå
Dansk Geoteknik A/S
— —

På mødet blev modellen demonstreret og allerede opnåede resultater diskuteret. Virkningen af ændringer i østmolens længde samt erstatning af cirkulært molehoved med skråningsmolehoved blev demonstreret. Endvidere blev virkningen af en forlægning af nordmolen samt lukning mod nord ved etablering af dækværk imellem nordmole og ny opfyldning demonstreret. Besejlingsforholdene blev diskuteret, herunder nødvendigheden af at konsultere lodserne.

Den 14.1. 1992 besigtigelse af model med deltagelse af

Dan S. Friis	Lodsformand, Grenå
Ib Klinke	Ingeniør, Danena
Jørn A. Ovesen	Havnechef, Grenå
Eivin S. Laursen	Havnefoged, Grenå

Formålet med mødet var at diskutere en ny og mere ret linieføring for sejlrenden samt manøvreringsforholdene i det ny havneafsnit. Lodsformanden godkendte den ny linieføring for sejlrenden, men anmodede om at der blev lavet et affendret rundt hjørne ved 10 m kajens østlige ende til brug ved svajemanøvre.

Den ny linieføring for sejlrenden er vist på vedlagte bilag 1.2 fra Dansk Geoteknik A/S, revideret 9.1.1992.

2 Konklusion

Forsøgene viste, at det vil være muligt at realisere den påtænkte udbygning af havnen mod nord og samtidig opnå bølgeforhold, som i uromæssig henseende ikke nogetsteds er værre end kendt fra den nuværende havn.

En lukning af hullet mellem nordlige dækmole og kysten er dog en forudsætning for, at den nye del af havnen ikke bliver for urolig.

For vinde fra øst-sektoren vil bølgeuroen i det nye havnebassin være stærkt afhængig af længden af østmolen.

En optimering af længden af østmolen viste, at en reduktion af molelængden på ca. 10 m i forhold til det oprindelige forslag fra Dansk Geoteknik A/S, vil medføre i gennemsnit samme bølgeuro i den nye del af havnen for bølger fra 60° azimuth og fra 90° azimuth.

I den eksisterende havn, dvs. fiskerihavnen, sydhavnen og nordhavnen vil bølgeuroen mindskes betragteligt ved den foreslåede ombygning. Den nye havn vil fungere som forhavn for den eksisterende havn.

Det er ikke muligt med sikkerhed kvantitativt at bestemme de langperiodiske svingninger (strømninger) mellem fiskerihavnen og sydhavnen efter udbygningen af havnen, men det skønnes, at svingningerne vil mindskes.

På grund af refraktionen har linieføring og især dybde af sejlrenden signifikant indflydelse på bølgeuroen i havnen.

Forsøgene er udført med en sejlrende uddybet til kote -10.0 m. Supplerende forsøg og beregningerne i den numeriske model viste, at hvis sejlrenden f.eks. kun uddybes til kote -8.0 m, vil bølgeuroen i havnen for visse vindretninger omkring NØ stige med op til 25%.

En langsom tilsanding af sejlrenden vil altså øge bølgeuroen i havnen.

3 Undersøgellesstrategi

På grund af Kalkgrundens relativt store udstrækning samt dens store betydning for bølgeforholdene var det nødvendigt at opdele forsøget i 2 faser. Det ville ikke være muligt at opnå en tilfredsstillende målestok og dermed målenøjagtighed, hvis både havnen og Kalkgrunden skulle indpasses i laboratoriebassinet.

Den første fase af modelprogrammet bestod i, at en numerisk model blev anvendt til at bedømme Kalkgrundens virkning, således at bølgeforholdene ved havnemundingen kunne fastlægges.

Anden fase af modelprogrammet bestod i en bølgeundersøgelse i en fysisk model dækkende såvel den eksisterende havn som den påtænkte udvidelse.

For at kunne give en relativ bedømmelse af den påtænkte udvidelse, blev der først foretaget særskilte forsøg med den eksisterende havneudformning.

4 Bølge- og vandstandsforhold

Undersøgelsen har afgrænset sig til at vurdere bølgeforholdene for bølger fra den erfaringsmæssigt værste sektor: 30 grader azimuth til 105 grader azimuth, dvs. ca. NNØ - ØSØ.

I grundlaget for vurdering af bølgeforholdene på dybt vand ud for havnen er indgået Havnecon's rapport "Kysthydrauliske undersøgelser fra 1979" samt frit-stræksberegninger.

I Havnecon's rapport er resultater fra bølgemålinger ud for Grenå havn beskrevet.

Sammenfattende kan følgende tabeller opstilles for bølgerne på 10 m vand umiddelbart øst for Kalkgrunden.

Grenå Havn, bølgestatistik

Hyppighed	Vindretning	NØ	Ø	SØ
	Reference	H_s (m)	H_s (m)	H_s (m)
3h/år	Grenå, obs.	2.1	2.7	3.2
	Frit stræk	3.1	3.2	2.8
3h/10 år	Grenå, obs.	2.7	3.5	4.2
	Frit stræk	3.8	3.9	3.6
3h/50 år	Grenå, obs.	3.0	4.1	4.9
	Frit stræk	4.1	4.2	3.8

Hyppighed	Vindretning	NØ	Ø	SØ
	Reference	T_z (sek)	T_z (sek)	T_z (sek)
3h/år	Grenå, obs.	4.9	5.9	6.1
	Frit stræk	6-7	6-7	5-6
3h/10 år	Grenå, obs.	5.5	6.7	7.0
	Frit stræk	7-8	7-8	6-7
3h/50 år	Grenå, obs.	5.8	7.2	7.5
	Frit stræk	7-8	7-8	6-7

Idet havnens følsomhed over for mindre ændringer i bølgeretningen skulle undersøges, er der foretaget interpolation imellem ovenstående bølgeestimer for at kunne beskrive bølgerne fra flere retninger.

Ved at vægte bølgemålingerne foran Grenå havn mest, fremkommer nedenstående bølgetabel, hvor estimerne svarer til en overskridelsessandsynlighed på 3 timer/50 år:

Retning ° azimuth	$H_{s,10}$ m	T_z sek.
30	3.5 m	7.0
45	3.2 m	7.0
60	3.5 m	7.0
75	3.8 m	7.0
90	4.1 m	7.0
105	4.3 m	7.0

Selv om T_z for alle de anførte retninger er ca. 7.0 sek. er der i modellen udført forsøg med andre bølgeperioder for at undersøge modellens sensitivitet over for bølgeperiodevariationer.

Fra beregningen af bølgefelterne med den numerisk model kendes den ændring i bølgehøjderne og bølgeretningerne, som Kalkgrunden forårsager.

Sammenkobles resultaterne fra den numeriske model med bølgestatistikken fra 10 meters vanddybde, fremkommer følgende samhörrende værdier af bølgehøjder og -retninger, som er anvendt i den fysiske model.

Retning ° azimuth	T_z sek.	$H_{s,10}$ m	Reduktion kalkgrunden	H_s model m
30	7.0	3.5	0.72	2.5
45	7.0	3.2	0.70	2.2
60	7.0	3.5	0.75	2.6
75	7.0	3.8	0.77	2.9
90	7.0	4.1	0.84	3.4
105	7.0	4.3	0.86	3.7

Ud over den angivne bølgehøjdereduktion som følge af Kalkgrunden, viser de

numeriske beregninger, at også den projekterede sejlrende giver en reduktion af bølgehøjderne ved havnemundingen. Da sejlrenden imidlertid er modelleret i den fysiske model, anvendes kun den del af resultaterne fra de numeriske beregninger, der svarer til forholdene uden sejlrenden.

Hvad angår vandstandsforholdene har udgangspunktet været, at kun kraftige vinde fra N og NE kan give anledning til højvande.

Vandstandens indflydelse på bølgeuroen blev afprøvet med bølger fra NE. Da forsøg med tre vandstande +0.0 m, +0.75 m og +1.50 m ikke viste målelig forskel på uroen i havnen blev alle modelforsøg efterfølgende udført med vandstand +0.0 m.

5 Beregning af bølgefelter med numerisk model

I det følgende er Kalkgrundens indflydelse på bølgefeltet (bølgehøjder og udbredelsesretning) uden for havnemundingen vurderet på baggrund af en række beregnede bølgefelter, hvor bølgeretning, bølgehøjde og dybden af sejlrenden blev varieret.

I nedenstående skema er vist resultaterne fra de beregnede bølgesituationer:

Be- reg- ning	Bølge- retning	Bølge- højde	Bølge- periode	Sejlrendens dybde	Middel relativ bølgehøjde ved havne- munding	Ændring af bølgeretning ved havne- munding
nr.	(° Azimuth)	(m)	(sek.)	(m)		(°)
1	30	3.1	7.0	8	0.72	≈ +5
2	45 (NØ)	3.1	7.0	8 *)	0.73	≈ 0
3	45 (NØ)	3.1	7.0	8	0.68	≈ 0
4	45 (NØ)	3.1	7.0	10	0.43	≈ 0
5	45 (NØ)	4.2	6.0	10	0.46	≈ 0
6	45 (NØ)	3.1	6.0	10	0.46	≈ 0
7	60	3.1	7.0	8	0.75	≈ -10
8	75	3.1	7.0	8	0.77	≈ 0
9	90 (Ø)	5.5	9.5	10	0.81	≈ +15
10	90 (Ø)	4.1	7.0	10	0.87	≈ +10
11	135 (SØ)	4.9	7.5	10	0.89	≈ 0

*) 0.4 m højvande.

Hovedkonklusion af beregninger:

Idet relativ bølgehøjde defineres som lokal bølgehøjde i forhold til bølgehøjden på 10 m dybde, kan resultatet af beregningerne sammenfattes til :

1. Bølgernes udbredelsesretning ændres kun beskedent fra 10 m vanddybde og ind til aktuelt område udenfor fremtidig havnemunding.
2. Ved vind fra N til ØNØ afhænger den relative bølgehøjde foran havnemundingen i væsentlig grad af dybden i sejlrenden. Således reduceres bølgehøjden typisk med faktoren 2/3, når rendens dybde ændres fra 8 m til 10 m.
3. Med 8 m dybde i sejlrenden ligger den relative bølgehøjde i intervallet ca. 0.7-0.9 uanset vindretning.
4. De beregnede relative bølgehøjder skønnes at være repræsentative for både 10-års og 30-års hændelsen.

5.1 Fysisk baggrund for den numeriske model

Bølgefeltet umiddelbart uden for havnen blev beregnet med en numerisk model baseret på 'mild slope'-ligningen:

$$\nabla (c \cdot c_g \cdot \nabla \eta) = \frac{c_g}{c} \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2}$$

hvor

$\nabla = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \right)$ er den to-dimensionale gradient operator

c er bølgenes udbredelseshastighed

c_g er bølgenes gruppehastighed

η er overfladelevationen

t er tiden

Ved beregning af bølgefeltet med 'mild slope'-ligningen tages der automatisk hensyn til fænomenerne diffraktion, refraction og shoaling. Metodens begrænsninger skyldes derfor antagelserne om *lineære, regelmæssige* bølger og *lille hældning* af havbunden, i praksis under 1 : 3.

Da virkningen af bølgebrydning imidlertid kan modelleres rimeligt nøjagtig, er den væsentligste ulineære effekt medtaget. Endvidere er bølgerne kun er dybdebegrænset i et mindre område på Kalkgrunden, og det skønnes at virkningen heraf iøvrigt er beskeden i resten af området. Der er derfor i al væsentlighed tale om et bølgeudbredelsesproblem, hvor fornuftige resultater erfaringsmæssigt opnås ved at foretage en vægtning af resultater opnået med forskellige bølgeperioder.

Da det af praktiske grunde ikke var muligt at afprøve forskellige perioder for samtlige retninger, blev dette kun fortaget for bølger fra NØ. Ved denne retning udbreder bølgerne sig på langs af sejlrenden, og forskelle i bølgelængderne kunne tænkes at give betydelige ændringer af den mængde energi, der drejes ud til begge sider fra sejlrenden. Således må der forventes mindst bølgehøjde i renden for størst bølgeperiode, da de lange bølger drejes (refrakteres) mest.

Endvidere vurderes det, at der kun blev introduceret uvæsentlige fejl som følge af kravet om lille bundhældning, da denne er mindre end 1 : 3 overalt i området.

Eftersom resultaterne fra den numeriske model skulle bruges ved udførelsen af de fysiske modelforsøg, blev der i alle tilfælde beregnet en middelbølgehøjde i et område umiddelbart udenfor havnemundingen i den fremtidige havn. Placeringen af dette område afhang af bølgenes udbredelsesretning, således som det er vist i de respektive bilag. Bølgenes udbredelsesretning i området blev skønnet, da det ikke var muligt at angive en præcis bølgeretning i de tilfælde, hvor flere bølgetog

krydsede hinanden på grund af refraktion omkring Kalkgrunden. Dette fænomen optrådte især, når bølgerne kom fra Øst.

Middelbølgehøjden blev beregnet ud fra middelværdien af bølgeenergien i de respektive områder uden for havnemundingen. Det blev forudsat, at alle bølger udbredte sig i samme retning, hvilket gav resultater på den sikre side, dvs. for store bølgehøjder.

Det blev endvidere forudsat, at vindretning og bølgenes udbredelsesretning var sammenfaldende på 10 m vanddybde udenfor Kalkgrunden.

Da drejningen af bølgerne væk fra sejlrenden også mindskes med aftagende dybde i sejlrenden, blev der endvidere gennemført beregninger med både 8 m og 10 m dybde i sejlrenden for bølger fra NØ.

For vind fra Ø og SØ skønnes dybden af sejlrenden at være af mindre betydning for bølgehøjden ved havnemundingen.

5.2 Opbygning af numerisk model

‘Mild slope’-ligningen blev løst numerisk med differensligning-metoden. Løsningen foregik skridtvis i tidsdomænet, og til hvert tidstrin beregnedes overfladeelevationen i knudepunkterne i et rektangulært net. Af hensyn til nøjagtighed og stabilitet blev der anvendt en netvidde på 3 m og et tidsskridt på 0.15 sek.

Modellens udstrækning var i alle tilfælde 1350 m x 1200 m, orienteret med den længste side i bølgenes udbredelsesretning på 10 m dybde. Bølgerne blev dannet af en pulserende liniekilde inde i modelområdet. Liniekilden var i alle tilfælde placeret 30 m fra den opstrøms rand. Bølgeenergien blev fuldt absorberet af såkaldte ‘svampelag’ på den opstrøms og nedstrøms rand samt på de 400 m af langsiderne, der var nærmest den nedstrøms rand. På resten af de langsgående rande blev bølgerne fuldt reflekteret.

På bilag 2.1 er modellens placering vist ved bølger fra NØ, og på bilagene 2.2 og 2.3 er dybderne i modellen vist for henholdsvis 10 m og 8 m’s dybde i sejlrenden. Beregningerne er gennemført med den oprindeligt foreslåede linieføring af sejlrenden (bilag 1.1).

I modellen blev anvendt brydningskriteriet:

$$|\eta| \leq \eta_{max} = 0.071 L \tanh \left(\frac{2\pi d}{L} \right)$$

hvor L er lokal bølgelængde og d er lokal vanddybde.

Var størrelsen af en beregnet elevation større end den lokale maksimale elevation, blev den pågældende elevation reduceret til den maksimale værdi.

Der blev endvidere foretaget en enkelt beregning, hvor den numeriske værdi af elevationen maksimalt måtte være halvdelen af vanddybden. Resultaterne herfra afveg kun uvæsentligt fra de tilsvarende beregninger foretaget med generelt anvendte brydningskriterium.

Bundfriktion blev ikke medtaget i beregningerne. Det ville have resulteret i for små beregnede bølgehøjder, da tilførslen af energi fra vinden ikke kan medtages i denne type model.

5.3 Diskussion af resultater

Generelt må man forvente en vis reduktion i den relativ bølgehøjde pga. øget brydning, hvis indkommende bølgehøjde øges.

Betydningen af de indkommende bølgers størrelse kan vurderes ved en sammenligning af beregning nr. 5 og 6, dvs. bølger fra NØ med samme periode og forskellig højde af de indkommende bølger. Resultaterne er vist på bilagene 2.16-2.21. En forøgelse af bølgehøjden fra 3.1 m til 4.2 m, dvs. 35%’s forøgelse, gav her ingen ændring i den relative bølgehøjde ved havnemundingen.

Virkningen af øget brydning er øjensynlig lille, og generelt vurderes den relative bølgehøjde kun at afhænge svagt af højden på de indkommende bølger.

Bølgeperiodens indflydelse på den relative bølgehøjde ved bølger fra NØ kan vurderes ud fra beregning nr. 4 og 6, hvor bølgehøjden var ens og perioden blev reduceret. Resultaterne er vist på bilagene 2.13-2.15 samt 2.19-2.21. 14%’s reduktion af bølgeperioden (fra 7 til 6 sek) gav der kun en forøgelse af den relative bølgehøjde på 7%.

Resultatet er kvalitativt som forventet, og periodens indflydelse på den relative bølgehøjde må vurderes som værende ret ringe for det aktuelle interval af bølgeperioder ved bølger fra sektoren N-ØNØ.

For Ø-lige vinde vil Kalkgrunden pga. refraction virke som en samlelinse, med deraf følgende mulighed for koncentration af bølgeenergi nær havnemundingen. Denne proces modvirkes dog af brydningen på selve Kalkgrunden.

For at belyse dette nærmere, blev beregning nr. 9 og 10 foretaget med bølger fra Ø, hvor både bølgehøjde og -periode blev reduceret i beregning nr. 10. Resultaterne er vist i bilagene 2.28-2.33. Til trods for en reduktion af perioden på 26% (fra 9.5 til 7.0 sek) voksede middel relativ bølgehøjde kun med 6%.

Dette resultat kan forklares ved at sammenligne bilagene 2.29 med 2.32 og 2.30 med 2.33. Det ses, at området med de store relative bølgehøjder (op til 1.5) i begge beregninger lå stort set samme sted øst for sejlrenden. Endvidere ses, at niveauet for relativ bølgehøjde generelt var lidt lavere for de højeste indkommende bølger. Temmelig sikkert på grund af størst virkning af bølgebrydning i dette tilfælde.

Generelt vurderes middelværdien af den relative bølgehøjde i området ved havnemundingen derfor kun at afhænge ret svagt med indkommende bølgehøjde og bølgeperiode ved kraftige vinde fra Ø.

Endelig kan betydningen af højvande sammenfaldende med vind fra NØ vurderes ved sammenligning af beregning nr. 2 og 3. Beregning nr. 2 blev foretaget med et højvande på 0.4 m, medens beregning nr. 3. blev foretaget med daglig vande (ligesom tilfældet var med de øvrige beregninger).

En forøgelse af vandstanden reducerer både virkningen af refraction ved sejlrendens sider samt brydning på Kalkgrunden. Der forventedes derfor størst relative bølgehøjder ved højvande. Som det ses ved sammenligning af bilag 2.7-2.10 med bilag 2.11-2.13 blev det også resultatet af beregningerne, og ændringen i relativ bølgehøjde var 7%.

6 Beskrivelse af fysisk model og forsøgsmetodik

Modellen blev opbygget i målestoksforholdet 1 : 100 af hensyn til pladsforholdene i bassinet.

Da bølgeforholdene omkring havnen bl.a. er bestemt af vanddybderne, blev bundtopografien i området genskabt i modellen.

Grundlaget for vanddybderne uden for havnen har været Dansk Geoteknik A/S's oplæg og pejlinger foretaget af HydroDan A/S for Grenå Havn.

Bunden var modelleret korrekt foran havnen indtil kote -10.

De nye dækværker blev udført med kronekote svarende til, at der ikke forekom egentlig overskyl af kronen.

Forsøgene blev udført med to-dimensionale uregelmæssige bølger modelleret efter JONSWAP-spektret og i øvrigt i henhold til prototype bølgekarakteristika som angivet i afsnit 4.

Det benyttede JONSWAP-spectrum er givet ved

$$S(f) = \frac{1.4}{\gamma} \frac{5}{16} H_S^2 f_p^4 f^{-5} \gamma^\alpha \exp\left(-\frac{5}{4} \left(\frac{f_p}{f}\right)^4\right)$$

hvor

$$\alpha = \exp\left(-\frac{(f - f_p)^2}{2\sigma_f^2 f_p^2}\right)$$

$$f_p = \text{spidsfrekvens}$$

$$\sigma_f = 0.10 \quad \text{for } f \leq f_p$$

$$\sigma_f = 0.50 \quad \text{for } f > f_p$$

$$\gamma = 3.3$$

Bølgeprogram for modelforsøgene

Bølgeretning	H_s (cm)	T_p (sek)
30°	2.5	0.95
45°	2.2	0.95
60°	2.6	0.95
75°	2.9	0.95
90°	3.4	0.95
105°	3.7	0.95

Det ses, at for nogle af retningerne er de signifikante bølgehøjder i modellen meget små. For at mindske måleunøjagtigheden blev forsøgene udført med større bølger, end det fremgår af skemaet, hvorefter resultaterne blev skaleret ned igen.

Ud over $T_p = 0.95$ sek blev enkelte forsøg udført med $T_p = 0.85$ sek for at undersøge bølgeperiodens indflydelse på bølgeuroen.

I samtlige målepunkter blev bølgeforholdene registreret ved spektralanalyse af vandspejlsvariationerne. Herved kunne adskillelse imellem kortperiodiske og langperiodiske bølger foretages.

Når der ses bort fra langperiodiske bølger, skønnes det, at den maksimale signifikante bølgehøjde ved liggepladserne ikke må overstige $H_s = 0.5$ m for store fragtskibe, $H_s = 0.4$ m for store fiskefartøjer og $H_s = 0.2 - 0.3$ m for mindre fiskefartøjer og lystbåde.

Hvad angår tilladelige langperiodiske bølger kan ikke umiddelbart gives grænseværdier for højder, idet fartøjernes reaktion i høj grad afhænger af fortøjningsmåde samt hastighed og perioden af den strøm, som de langperiodiske bølger genererer langs kajerne. Kun omfattende modelforsøg i stor skala omfattende hele havnen samt fortøjede modelskibe kan give svar på dette spørgsmål.

Forsøgsresultaterne beskriver kun den kortperiodiske energi.

7 Forsøgsresultater

Resultaterne fremgår af bilagene 3.01 - 3.29. På hvert enkelt bilag er havneudformning, bølgeforhold ud for havnen på 10 meters vanddybde samt målte signifikante bølgehøjder i havnen angivet.

7.1 Eksisterende havn, bilag 3.01 - 3.03

Den eksisterende havneudformning blev undersøgt ved bølger fra 30, 45 og 60 grader azimuth.

Forsøgene viste, at bølgeuroen var størst ved bølger fra 60 grader azimuth.

I fiskerihavnen, bassin I, målttes signifikante bølgehøjder på ca. 20 cm. I sydhavnen, bassin II, målttes signifikante bølgehøjder på ca. 40 cm langs den nordre kaj. 40 cm signifikant bølgehøjde regnes normalt for uacceptabelt for fiskefartøjer. Jørn A. Ovesen bekræftede, at netop den nordre kaj var meget urolig i hårdt vejr.

Mellem bassin I og bassin II blev der observeret langperiodiske svingninger. I færgelejerne målttes signifikante bølgehøjder på op til 40 cm, hvilket anses for acceptabelt.

I nordhavnen, bassin III, målttes generelt signifikante bølgehøjder i størrelsesordenen 20-30 cm. Dog blev der langs nordsiden af den søndre kaj i nordhavnen målt stor uro med signifikante bølgehøjder på op til 57 cm. Jørn A. Ovesen bekræftede, at denne kajstrækning var meget urolig i hårdt vejr, men mente dog ikke, at den er værre end nordkajen i sydhavnen.

Alt i alt viste modelforsøgene af eksisterende havn en god overensstemmelse mellem målinger og observationer i havnen.

7.2 Dansk Geoteknik A/S's forslag til havneplan (bilag 3.04 - 3.06)

Dansk Geoteknik A/S's forslag til havneplan er undersøgt ved bølger fra 30, 60 og 90 grader azimuth.

Ved bølger fra 60 grader azimuth blev der målt stor uro i nordhavnen, hovedsageligt langs Djurslandskajen. Der blev målt signifikante bølgehøjder på op til 70 cm, hvilket er uacceptabelt.

7.3 Dansk Geoteknik A/S's forslag til havneplan + nordmole (bilag 3.07)

Med baggrund i den store bølgeuro der blev målt i Dansk Geoteknik A/S's forslag til havneplan blev det besluttet at lukke hullet mellem den nordlige østmole og kysten. Denne lukning er i det følgende betegnet nordmolen.

Forsøgene viste, at dette reducerede bølgeuroen kraftigt. De største signifikante bølgehøjder som målt var 30-40 cm.

7.4 Dansk Geoteknik A/S's forslag til havneplan + nordmole – 50 m østmole (bilag 3.08 - 3.10)

Med placering af nordmolen blev bølgeuroen i havnen reduceret kraftigt. Det blev derfor besluttet at undersøge, om der eventuelt kunne spares noget af østmolen.

Forsøg med 50 m afkortning blev gennemført med bølger fra 60, 90 og 110 grader azimuth. Ved bølger fra øst målt signifikante bølgehøjder på ca. 60 cm i nordhavnen, hvilket ikke er acceptabelt.

På mødet den 8.1 1992 (besigtigelse af modellen) blev det, med baggrund i de foreløbige resultater, besluttet at revidere havneudformningen.

For at spare anlægsudgifter blev linieføringen af nordmolen ændret. På selve mødet blev forskellige linieføringer testet. På bilag 3.11 er den nye linieføring vist.

Det blev ligeledes besluttet at optimere længden af østmolen, så bølgeuroen i havnen ville blive lige stor for bølger fra alle retninger.

7.5 Revideret design (bilag 3.11 - 3.29)

Den reviderede havneudformning er undersøgt for forskellige længder af østmolen.

Havneudformningen er undersøgt for bølger fra 30, 60, 90 og 110 grader azimuth.

Uanset længden af østmolen fremgår det, at bølgeuroen i fiskerihavnen, sydhavnen og færgehavnen vil mindskes betragteligt.

I nordhavnen mindskes bølgeuroen. Størrelsen af bølgeuroen i nordhavnen vil for bølger fra øst være afhængig af længden af øst molen.

Langs Djurslandskajen og langs den kommende 10 meter kaj vil bølgeuroen være afhængig af længden af østmolen.

Af bilag 3.28 - 3.29 fremgår det, at for bølger fra 60 grader azimuth vil bølgeuroen langs Djurslandskajen være 30-40 cm signifikant bølgehøjde uanset længden af østmolen. Af bilag 3.26 - 3.27 fremgår det, at for bølger fra øst vil bølgeuroen langs Djurslandskajen være stærk afhængig af østmolen.

Ud over de beskrevne forsøg med forskellige havneudformninger blev der foretaget en række forsøg, hvor forskellige parametre blev varieret, uden at det gav målelige ændringer i bølgeforholdene i havnen.

Følgende parametre blev varieret som følger:

1. Vandstanden +0.0, +0.75 m, + 1.5 m.
2. Kotten på nordmolen +2.0 m, +3.0 m
3. Anlæg på nordmolen 1 : 2, 1 : 1, 1 : 3
4. Anlæg på nordre dækmole 1 : 2, 1 : 3
5. Østmolen afsluttet med molehoved,
østmolen afsluttet med skråning
6. Peakperioder i spektret 9.5 sek, 8.5 sek.
7. Linieføring af sejlrende, jf. bilag 1.1 og bilag 1.2.

Aalborg Universitetscenter
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning
Att.: H.F. Burchardt
Sohngårdsholmsvej 57
9000 Aalborg

12.08.1991
ABP/JLL
Sag 270.195.25

GRENAA HAVN, Udvidelse mod nord

Som aftalt pr. telefon fremsendes hermed skitse visende den påtænkte udvidelse af Grenaa Havn.

Første etape af udvidelsen, der er vist fuldt optrukket på skitsen indeholder følgende:

- Forlængelse af den østlige dækmole med ca. 200 m.
- Etablering af de sydligste ca. 300 lbm af nordre dækmole.
- Etablering af 210 m kaj med 10,0 m vand.
- Fjernelse af ca. 230 m af eksisterende dækmole.
- Uddybning af sejlrende samt nyt havnebassin til kote -10,1 m.
- Etablering af nyt landareal ved genanvendelse af dele af det uddybede materiale.
- Udførelse af kystindfatninger til beskyttelse af landarealet.

Omkring sejlrenden skal det bemærkes, at denne har en bundbredde på 100 m, hvilket betyder, at to store skibe ikke kan passere hinanden. Såfremt det findes nødvendigt kan bredden udvides i forbindelse med en senere etape.

I forbindelse med arbejdet ønskes der udført modelforsøg til bestemmelse af bølgeuroen ved de eksisterende og fremtidige kajer, og herunder en optimering af den indbyrdes beliggenhed af dækmolerne.

Dansk Geoteknik as



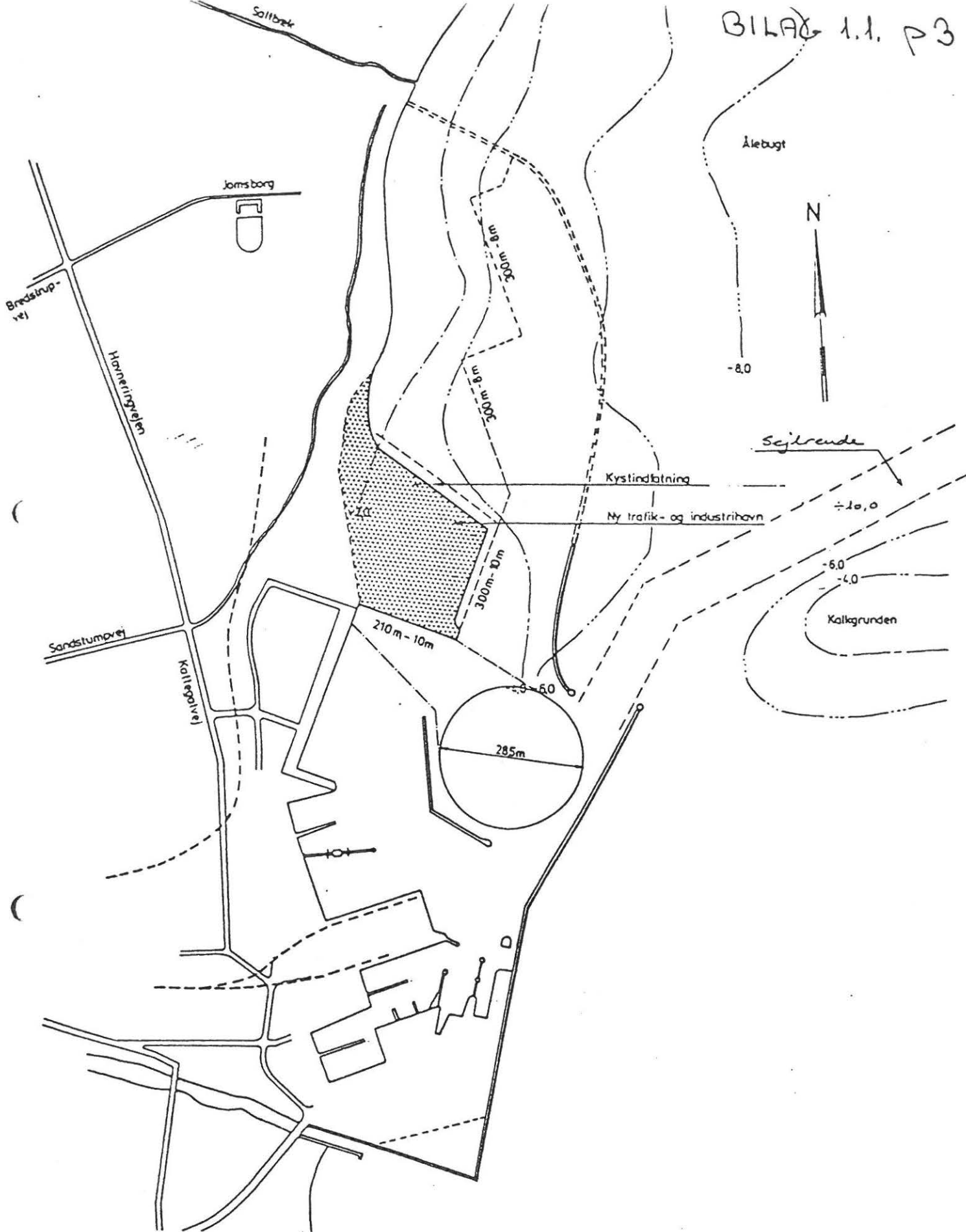
Side 2

Uroforsøgene bør som minimum udføres med bølger fra retningerne NØ og ØSØ.

I bedes venligst oplyse, hvornår eventuelle modelforsøg kan gennemføres samt omkostningerne i forbindelse med dette.

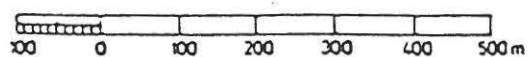
Med venlig hilsen
Dansk Geoteknik as

A. Buhl Petersen
Arne Buhl Petersen



Grenå Havn

Nordlig udvidelse af trafikhavnen, A



Dansk Geoteknik as

Geoteknik · Miljøteknik · Havnebygning · Vandbygning
Rådgivende ingeniørfirma F.R.I.

BILAG 1.2. P 1



Carl Bro Gruppen

Firma AUC
Laboratoriel for Vand, Jord
og Miljøteknik

Att. H. F. Burchardt / M. Tørrsen

Telefax nr. 98 14 25 55

Telefax fra Arne Buhl Petersen

Telefax

Dato 10. 1. 1992

Tid _____

Sag nr. _____

Antal sider inklusive denne: 3

Hvis De ikke har modtaget
alle sider, ring venligst til
tlf. 42 45 99 99, lokal 223

GRENAA, Ny Nordhavn

Vedlagt fremsendes efter aftale revideret
sejlsunde samt krav til nordlig dæk-
mole / kørevej

Med venlig hilsen

A. Buhl Petersen

Dansk Geoteknik as

Geoteknik · Miljøteknik · Havnebygning · Vandbygning
Rådgivende Ingeniørfirma A.S.



Carl Bro Gruppen

Aalborg Universitetscenter
Institutet for vand-, jord- og
miljøteknik
Att.: H.F. Burcharth/M. Brorsen
Sohngårdsholmsvej 57
9000 Aalborg

10.01.1992
ABP/ABA
Sag 270.195.25

GRENAA HAVN, Ny Nordhavn

Vedlagt fremsendes kopi af bilag 1, med forslag til ny sejlrende indtegnet.

Ved de afsluttende forsøg ønskes den nordlige mole/adgangsvej ført op til kote +2,0 m og havende $a = 2$ på udvendig side og $a = 1,5$ på indvendig side.

Som aftalt reduceres forlængelsen af Østre dækmole fra 200 til 165 m og molehoveder udelades.

Endelig ønskes det undersøgt om udførelse af de sydligste 75 lbm af "bananen" med $a = 3$ på ydersiden har væsentlig indflydelse på bølgeforholdene i havneindsejlingen.

Med venlig hilsen
Dansk Geoteknik as

A. Buhl Petersen

A. Buhl Petersen

Kopi til: Grenaa havn, att.: J. Ovesen

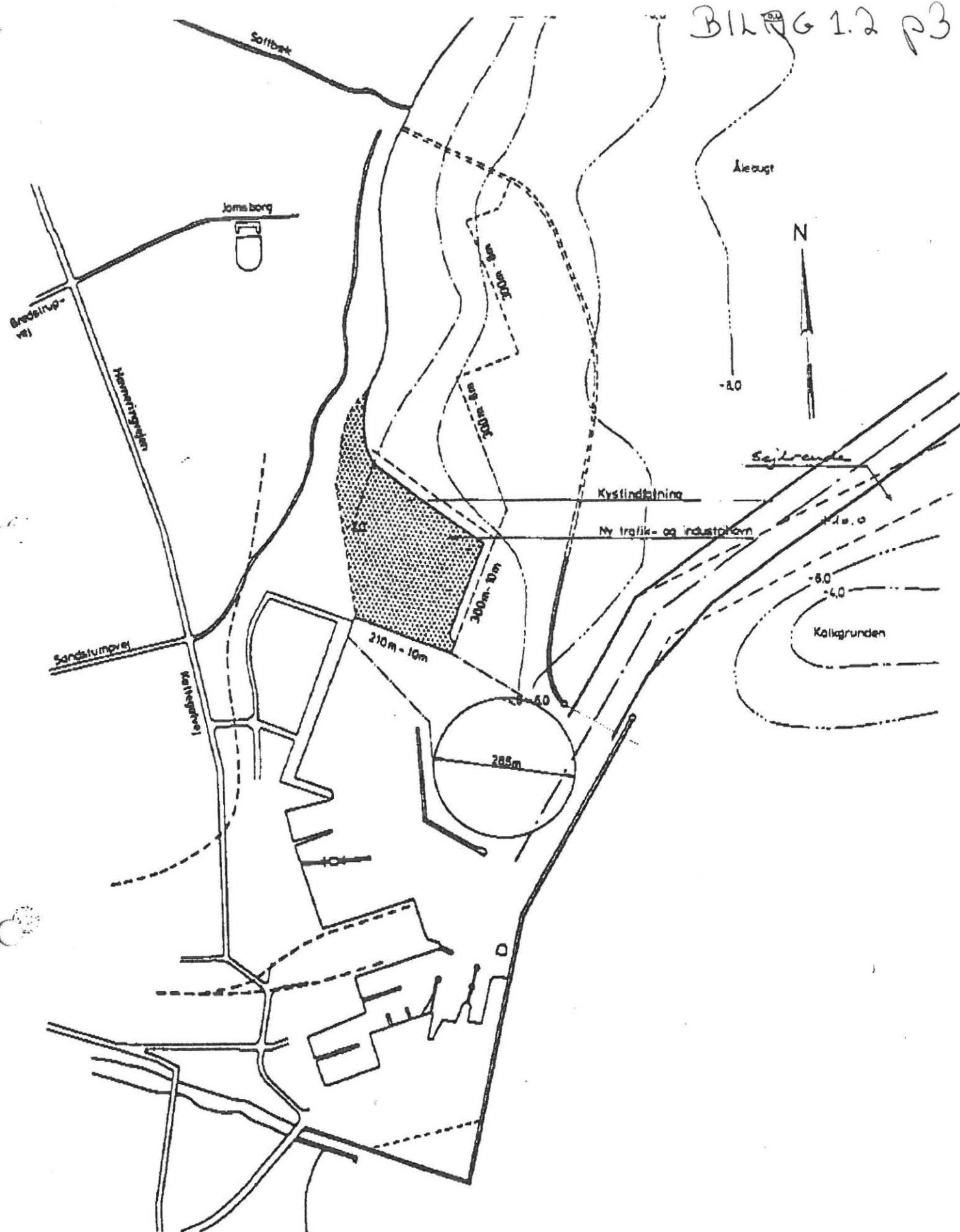
Granskoven 6
2600 Glostrup
27019525/ABA/B535

Telefon: 42 45 99 99
Telefax: 42 96 00 33
Telex: 33 472 cabrop dk

Telegram: soilconsult
Giro: 210 08 86
AS reg.nr. 30.192

• Århus
• Aalborg
• Odense

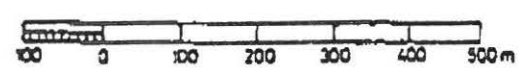
• Vejen
• Nexø
• Nuuk



Grenå Havn

Nordlig udvidelse af trafikhavnen, A

Revideret 9.1.92 / ASP





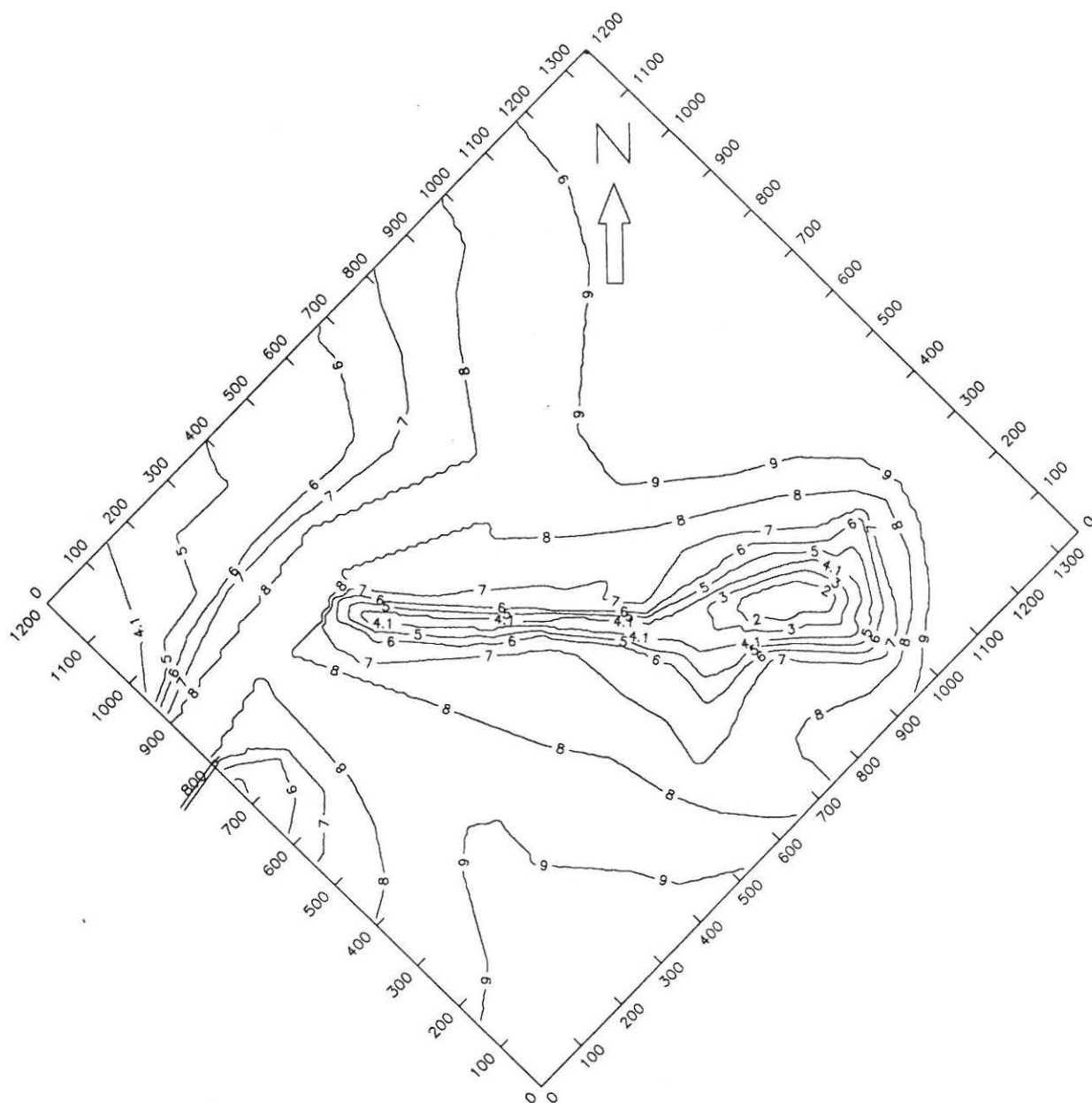
Dybder og afstande er angivet i m.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Placering af numerisk model ved beregning af bølger fra NØ.	Dato : 11.2.1992
	Bilag nr. : 2.1



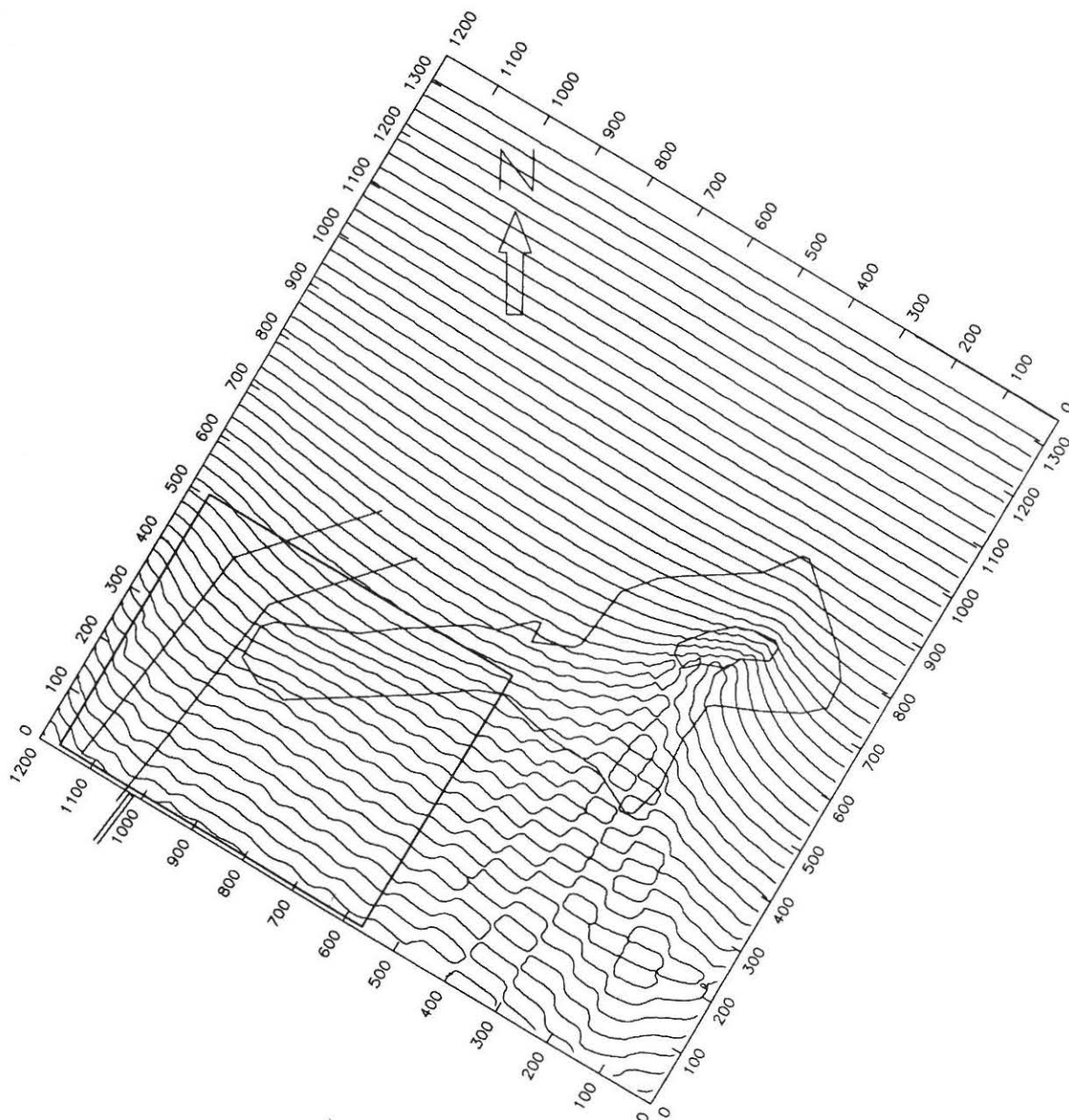
Dybder og afstande er angivet i m.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Vanddybder i numerisk model. Bølger fra NØ. Dybden i sejlrenden er 10 m.	Dato : 11.2.1992
	Bilag nr. : 2.2



Dybder og afstande er angivet i m.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Vanddybder i numerisk model. Bølger fra NØ. Dybden i sejlrenden er 8 m.	Dato : 11.2.1992
	Bilag nr. : 2.3



Vindretning : 30 ° Azimuth
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 8 m

Afstand mellem de viste fronter er en halv bølgelængde. Afstande er angivet i m.

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

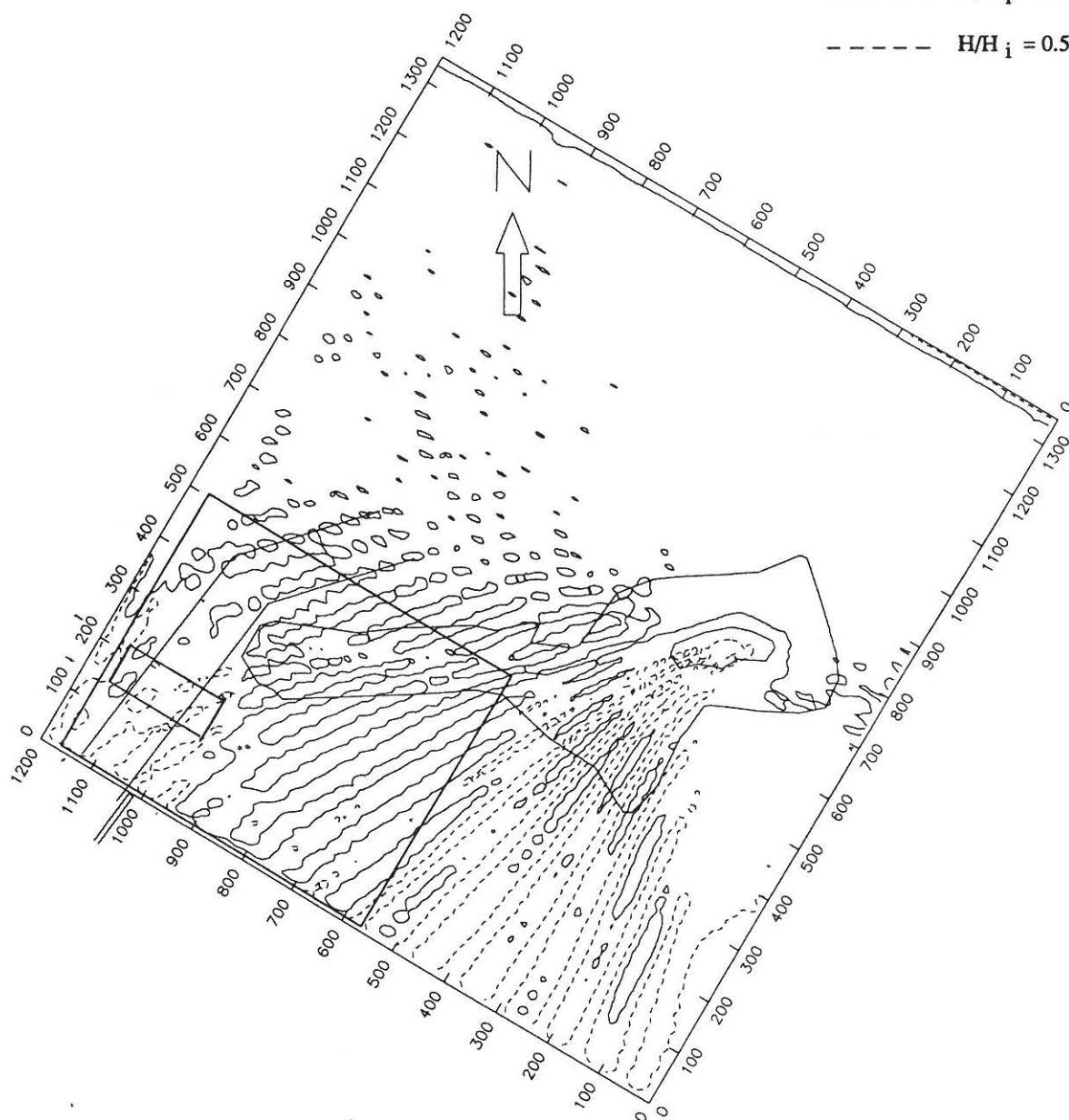
Rammen angiver området, hvor relativ bølgehøjde er vist på bilag nr. 2.6.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Bølgefronter.	Dato : 7.2.1992
	Bilag nr. : 2.4

Signaturforklaring :

———— $H/H_i = 1.0$

----- $H/H_i = 0.5$



Vindretning : 30 ° Azimuth
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 8 m

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

Stor ramme angiver området vist på bilag 2.6. Afstande er angivet i m.

Lille ramme viser det område, hvor middelværdi af relativ bølgehøjde er beregnet.

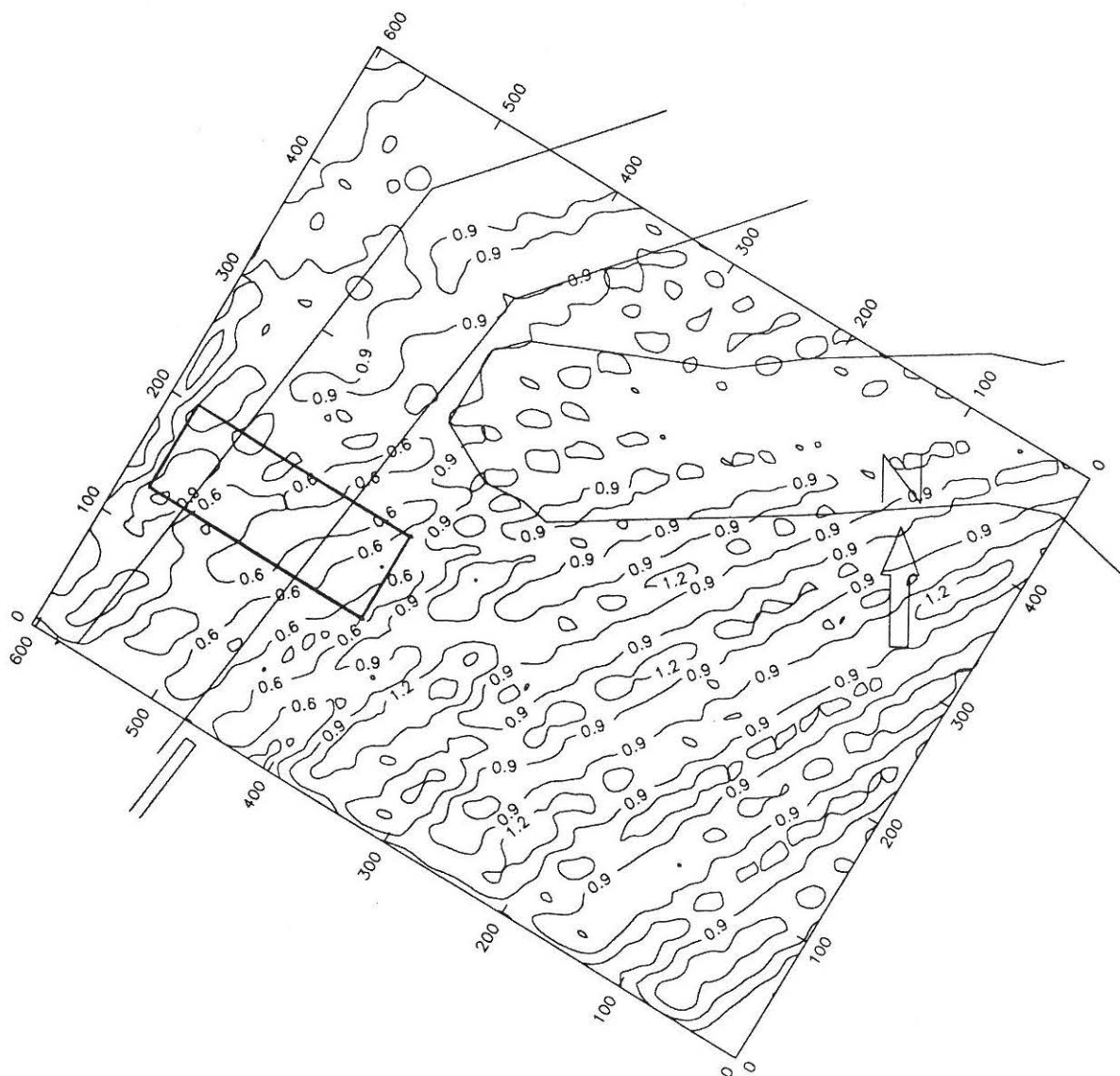
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Isolinier af relativ bølgehøjde.
 Hele modelområdet.

Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.5



Vindretning : 30 ° Azimuth
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 8 m

Relativ bølgehøjde (H / H_i) : 0.72 (middelværdi over indrammet område)

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.
 Afstande er angivet i m.

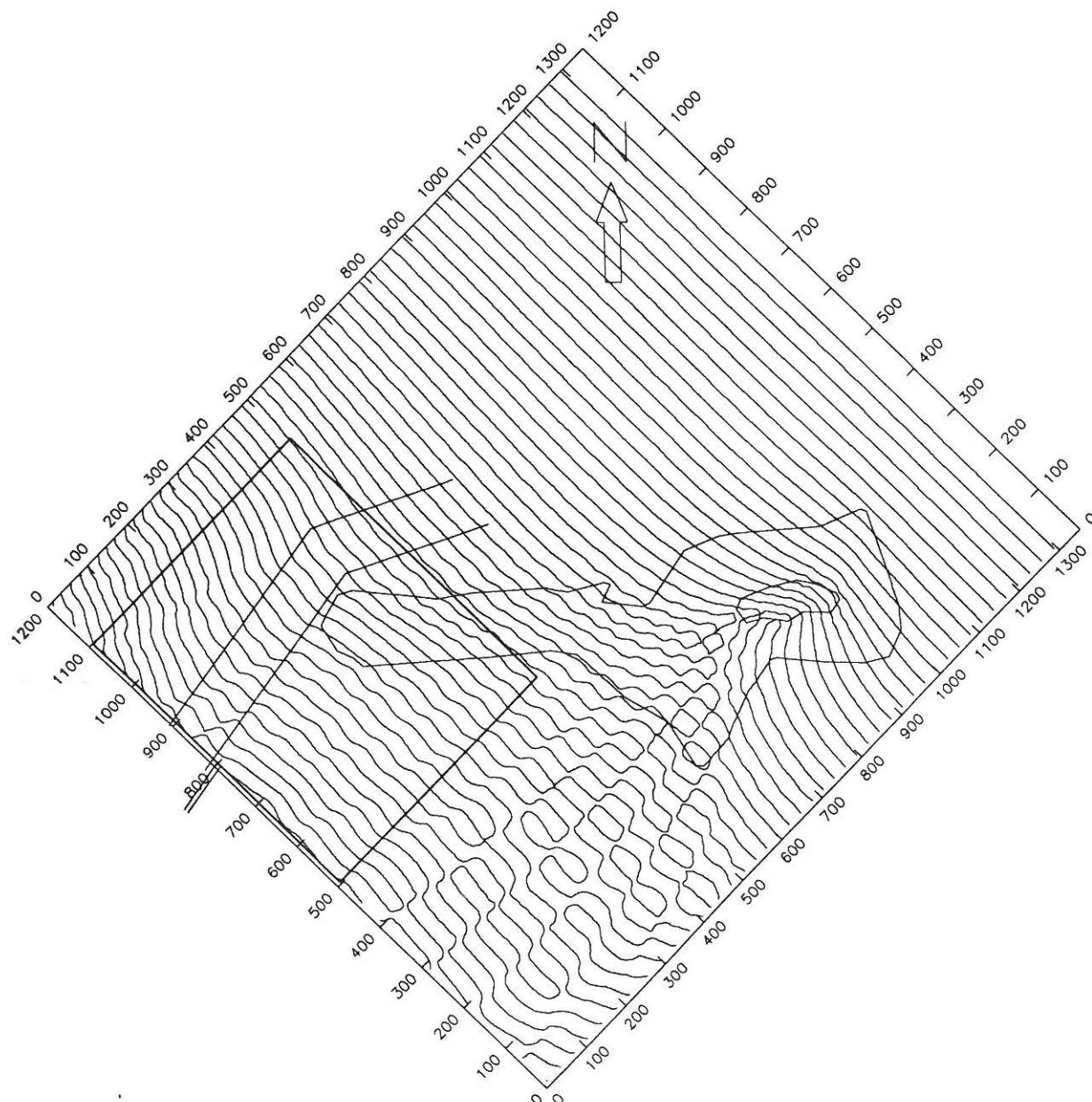
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Isolinier af relativ bølgehøjde.
 Detailområde.

Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.6



Vindretning : NØ (45° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 8 m + 0.4 m højvande

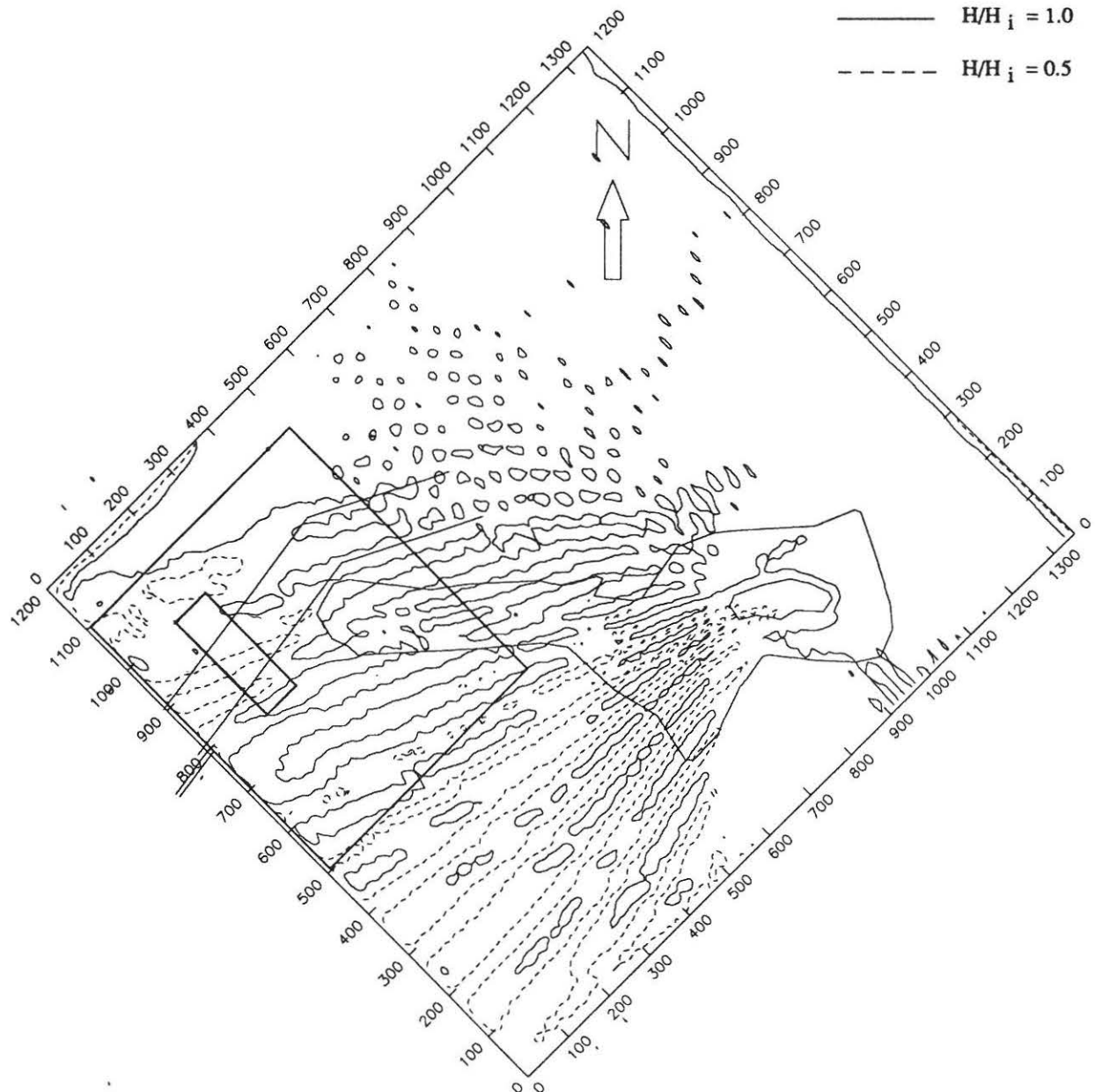
Afstand mellem de viste fronter er en halv bølgelængde. Afstande er angivet i m.

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

Rammen angiver området, hvor relativ bølgehøjde er vist på bilag nr. 2.9.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Bølgefronter. 0.4 m højvande.	Dato : 7.2.1992
	Bilag nr. : 2.7

Signaturforklaring :



Vindretning : NØ (45° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 8 m + 0.4 m højvande

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

Stor ramme angiver området vist på bilag 2.9. Afstande er angivet i m.

Lille ramme viser det område, hvor middelværdi af relativ bølgehøjde er beregnet.

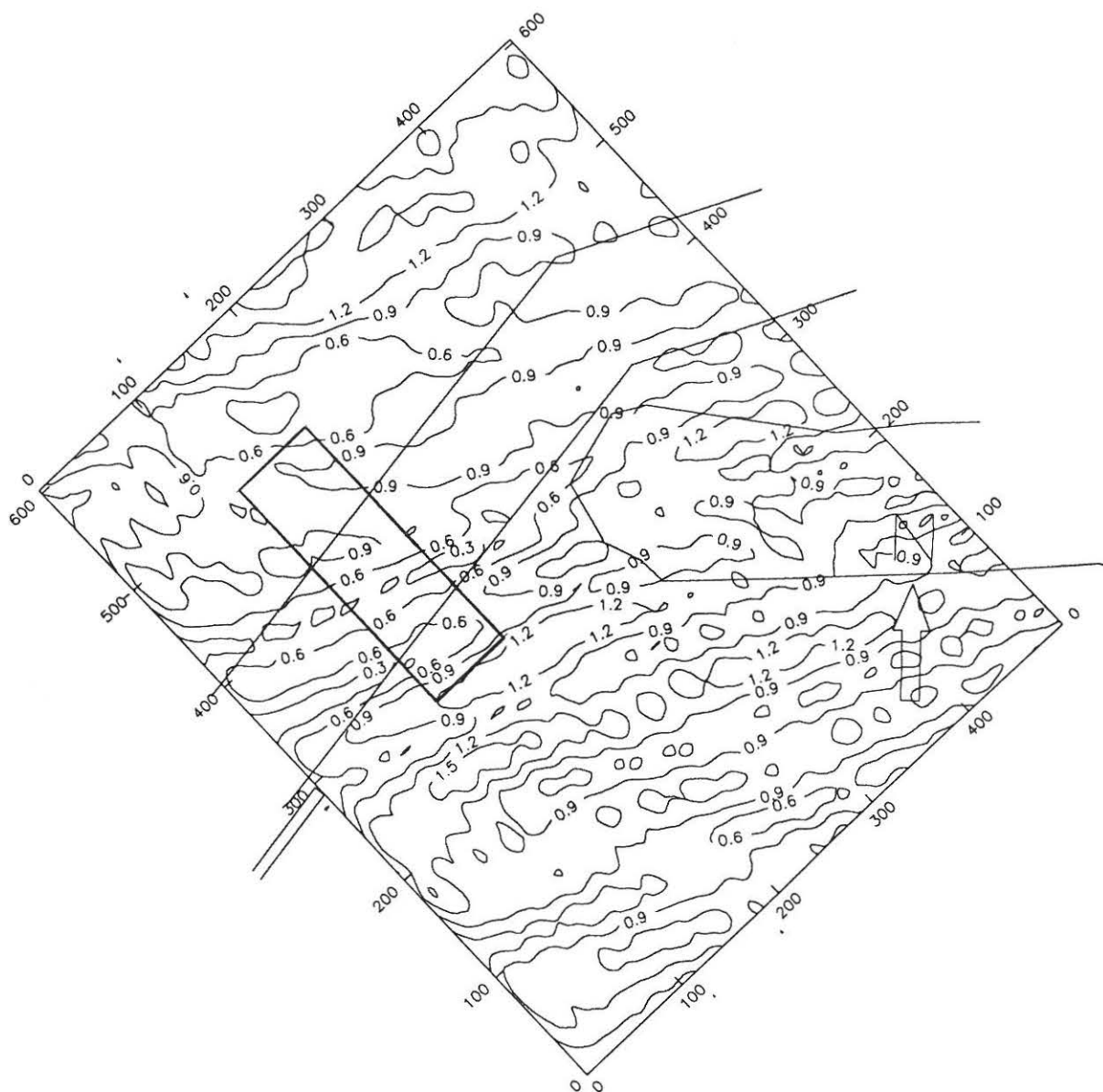
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Isolinier af relativ bølgehøjde. Hele modelområdet.
 0.4 m højvande.

Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.8



Vindretning : NØ (45° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 8 m + 0.4 m højvande

Relativ bølgehøjde (H / H_i) : 0.73 (middelværdi over indrammet område)

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.
 Afstande er angivet i m.

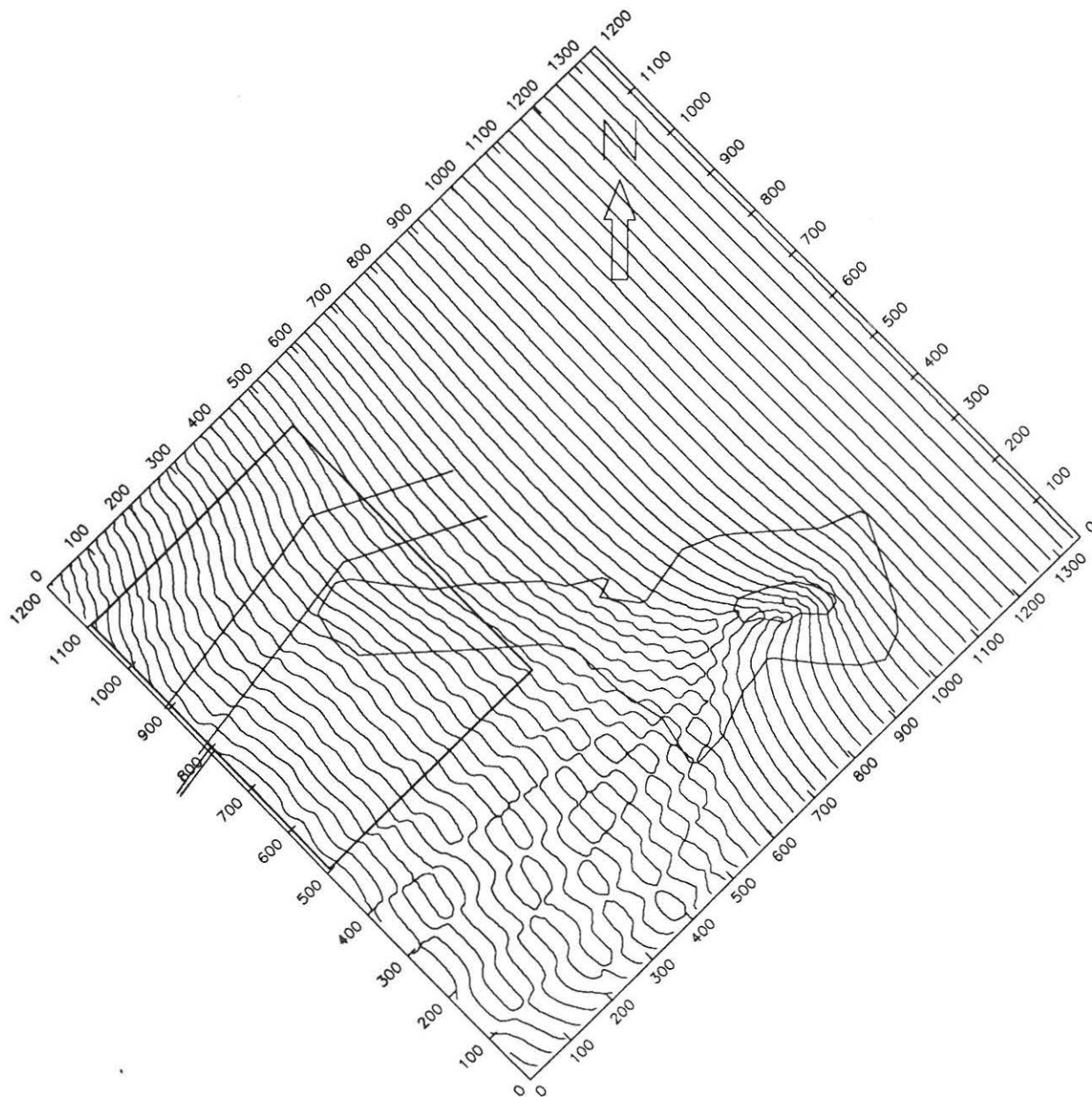
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Isolinier af relativ bølgehøjde. Detailområde.
 0.4 m højvande.

Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.9



Vindretning : NØ (45° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 8 m

Afstand mellem de viste fronter er en halv bølgelængde. Afstande er angivet i m.

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

Rammen angiver området, hvor relativ bølgehøjde er vist på bilag nr. 2.12.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Bølgefronter.

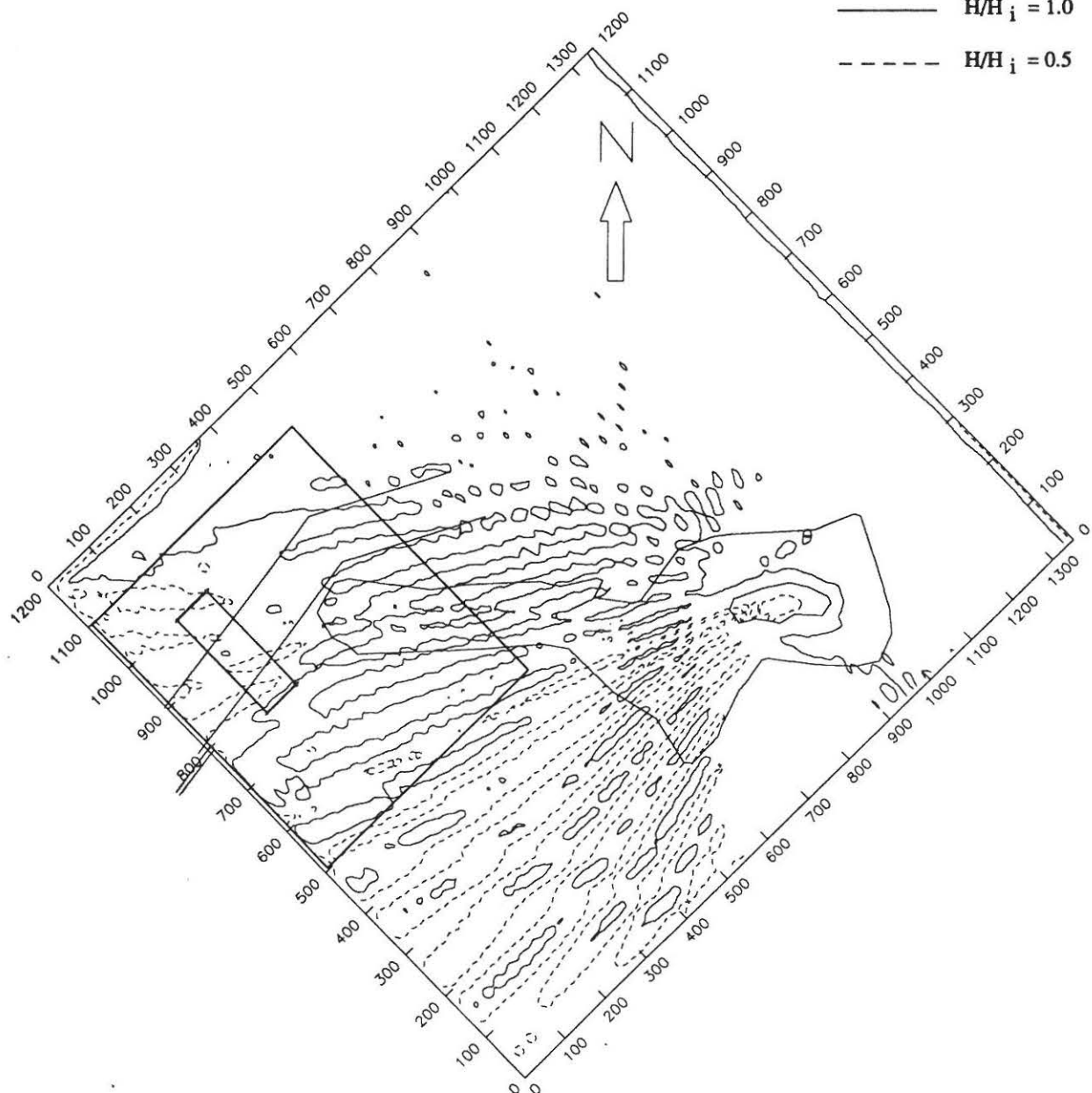
Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.10

Signaturforklaring :

———— $H/H_i = 1.0$

----- $H/H_i = 0.5$



Vindretning : NØ (45° Azimuth)

Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m

Bølgeperiode : 7.0 sek

Dybde af rende : 8 m

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

Stor ramme angiver området vist på bilag 2.12. Afstande er angivet i m.

Lille ramme viser det område, hvor middelværdi af relativ bølgehøjde er beregnet.

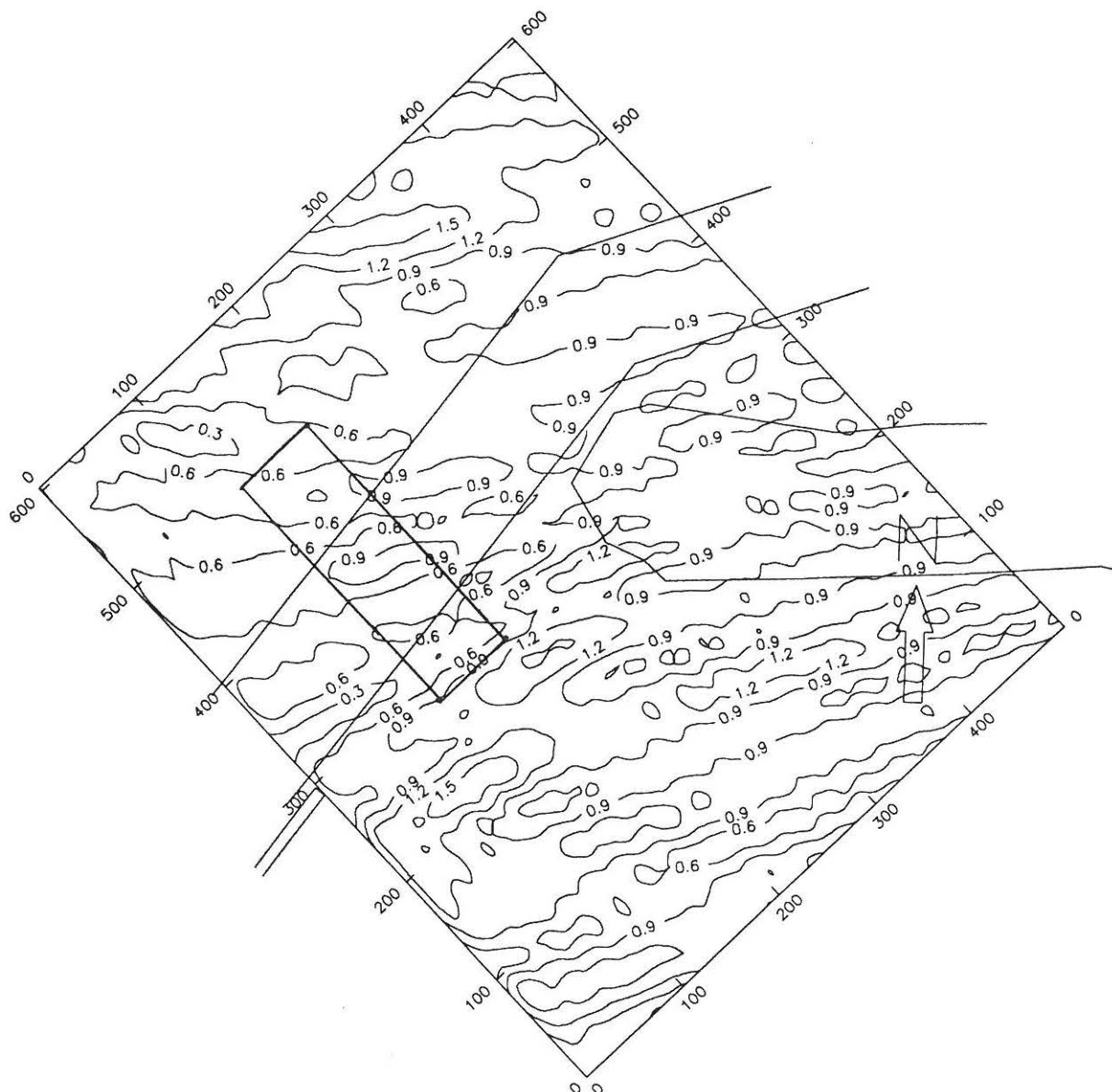
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Isolinier af relativ bølgehøjde. Hele modelområdet.

Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.11



Vindretning : NØ (45° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 8 m

Relativ bølgehøjde (H / H_i) : 0.68 (middelværdi over indrammet område)

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.
 Afstande er angivet i m.

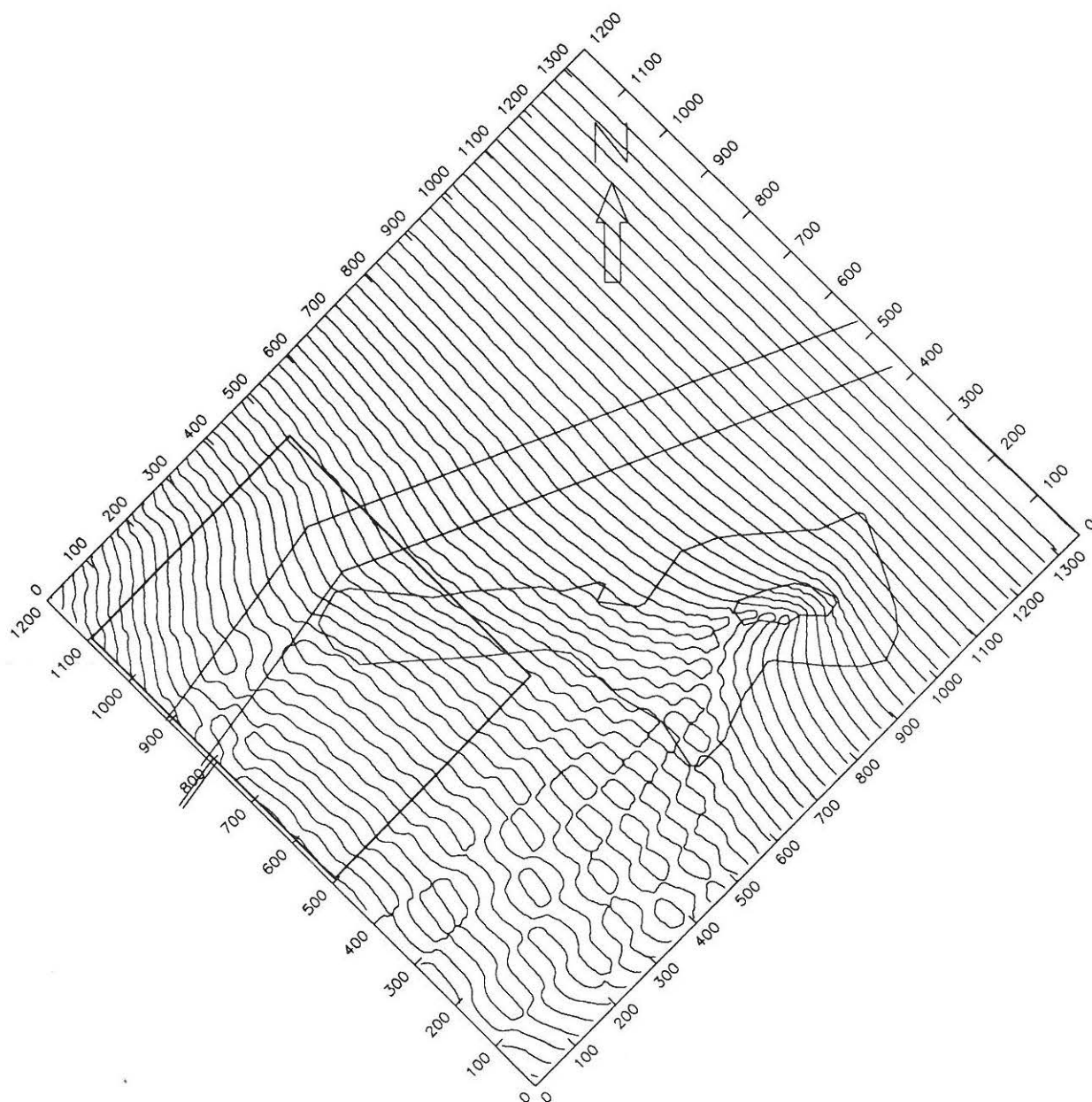
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Isolinier af relativ bølgehøjde.
 Detailområde.

Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.12



Vindretning : NØ (45° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 10 m

Afstand mellem de viste fronter er en halv bølgelængde. Afstande er angivet i m.

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

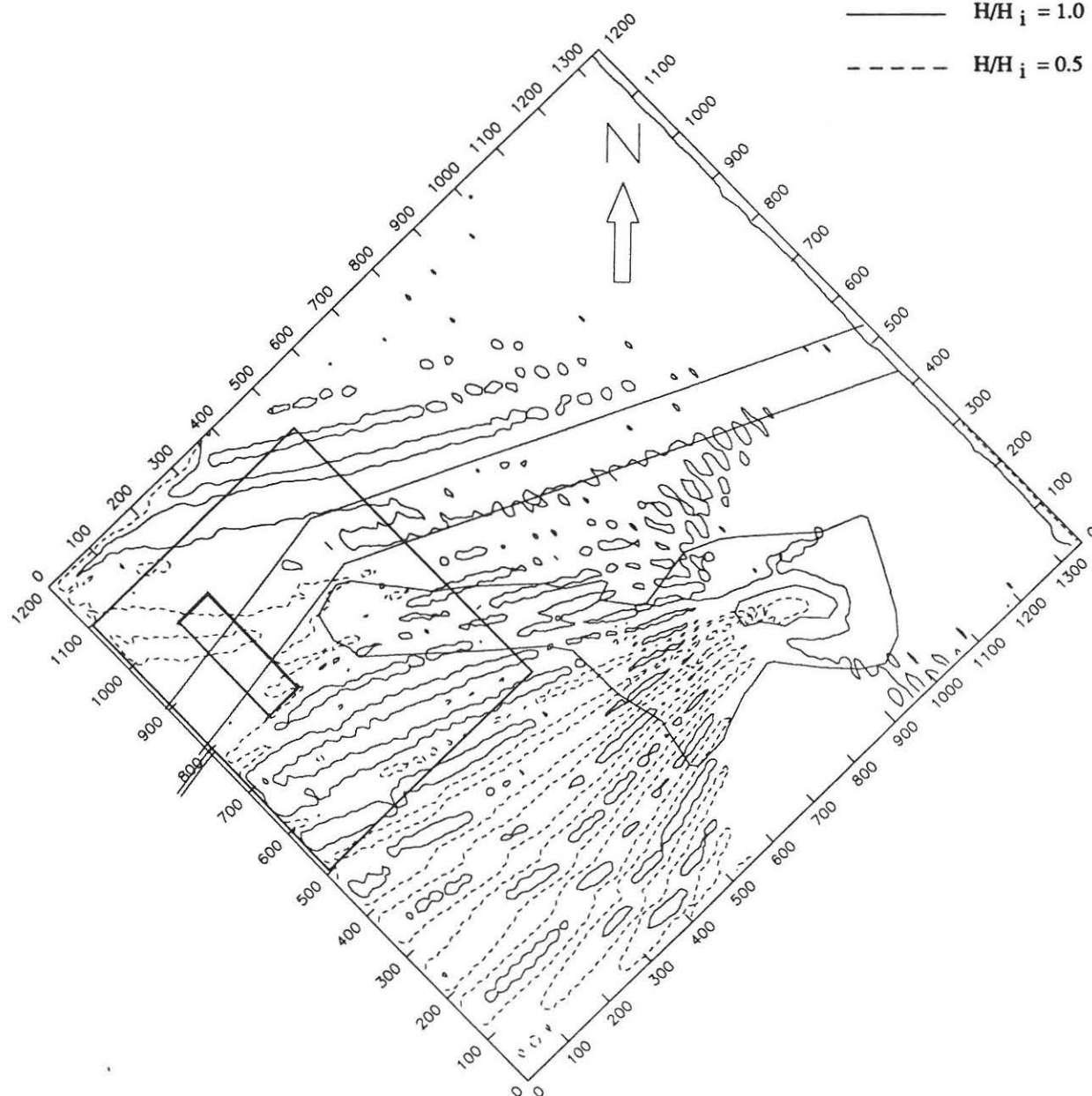
Rammen angiver området, hvor relativ bølgehøjde er vist på bilag nr. 2.15.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Bølgefronter.	Dato : 7.2.1992
	Bilag nr. : 2.13

Signaturforklaring :

———— $H/H_i = 1.0$

----- $H/H_i = 0.5$



Vindretning : NØ (45° Azimuth)

Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m

Bølgeperiode : 7.0 sek

Dybde af rende : 10 m

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

Stor ramme angiver området vist på bilag 2.15. Afstande er angivet i m.

Lille ramme viser det område, hvor middelværdi af relativ bølgehøjde er beregnet.

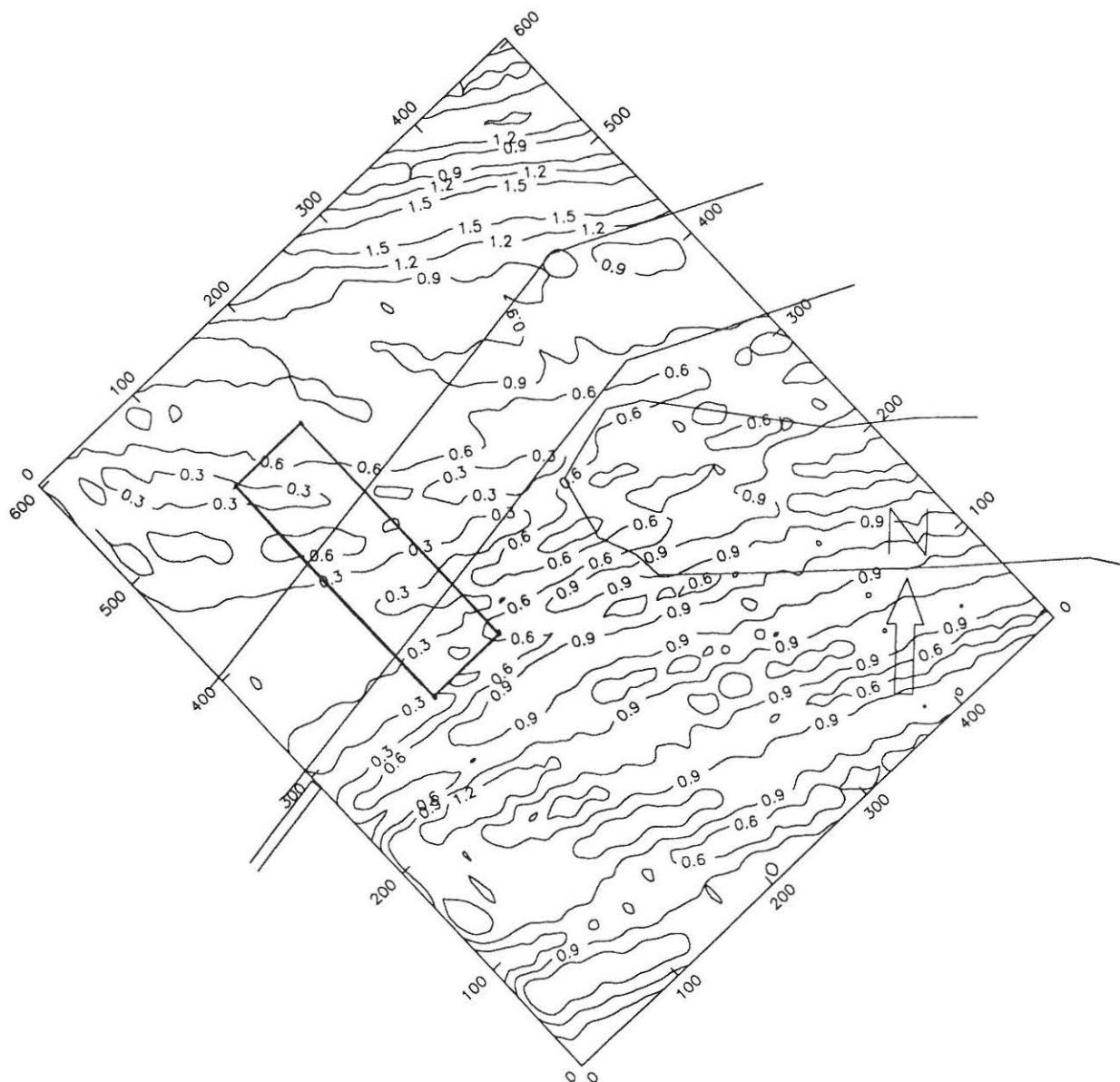
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Isolinier af relativ bølgehøjde. Hele modelområdet.

Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.14

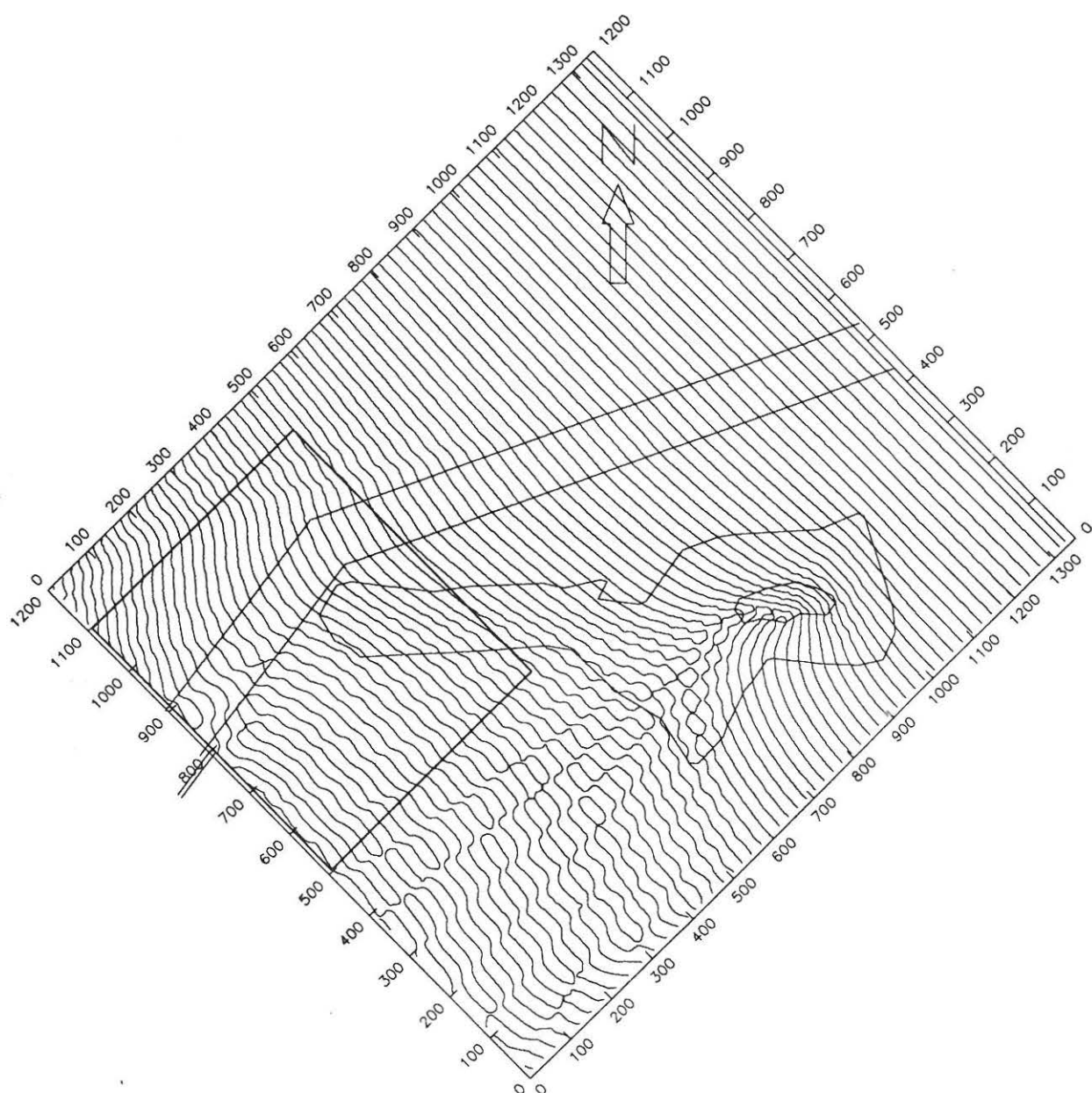


Vindretning : NØ (45° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 10 m

Relativ bølgehøjde (H / H_i) : 0.43 (middelværdi over indrammet område)

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.
 Afstande er angivet i m.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Isolinier af relativ bølgehøjde. Detailområde.	Dato : 7.2.1992
	Bilag nr. : 2.15



Vindretning : NØ (45° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 4.2 m
 Bølgeperiode : 6.0 sek
 Dybde af rende : 10 m

Afstand mellem de viste fronter er en halv bølgelængde. Afstande er angivet i m.

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

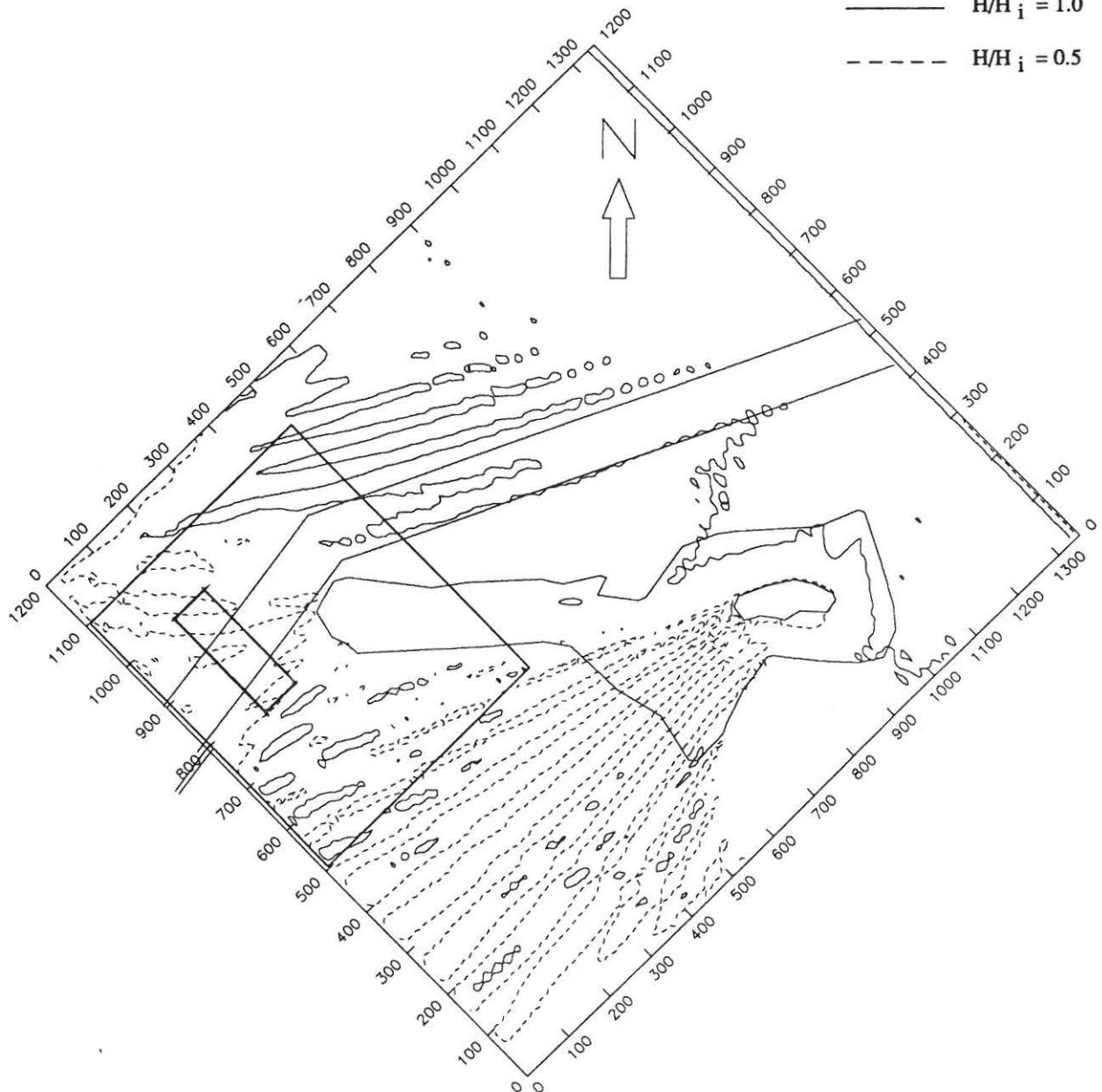
Rammen angiver området, hvor relativ bølgehøjde er vist på bilag nr. 2.18.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Bølgefronter.	Dato : 7.2.1992
	Bilag nr. : 2.16

Signaturforklaring :

———— $H/H_i = 1.0$

----- $H/H_i = 0.5$



Vindretning : NØ (45° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 4.2 m
 Bølgeperiode : 6.0 sek
 Dybde af rende : 10 m

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

Stor ramme angiver området vist på bilag 2.18. Afstande er angivet i m.

Lille ramme viser det område, hvor middelværdi af relativ bølgehøjde er beregnet.

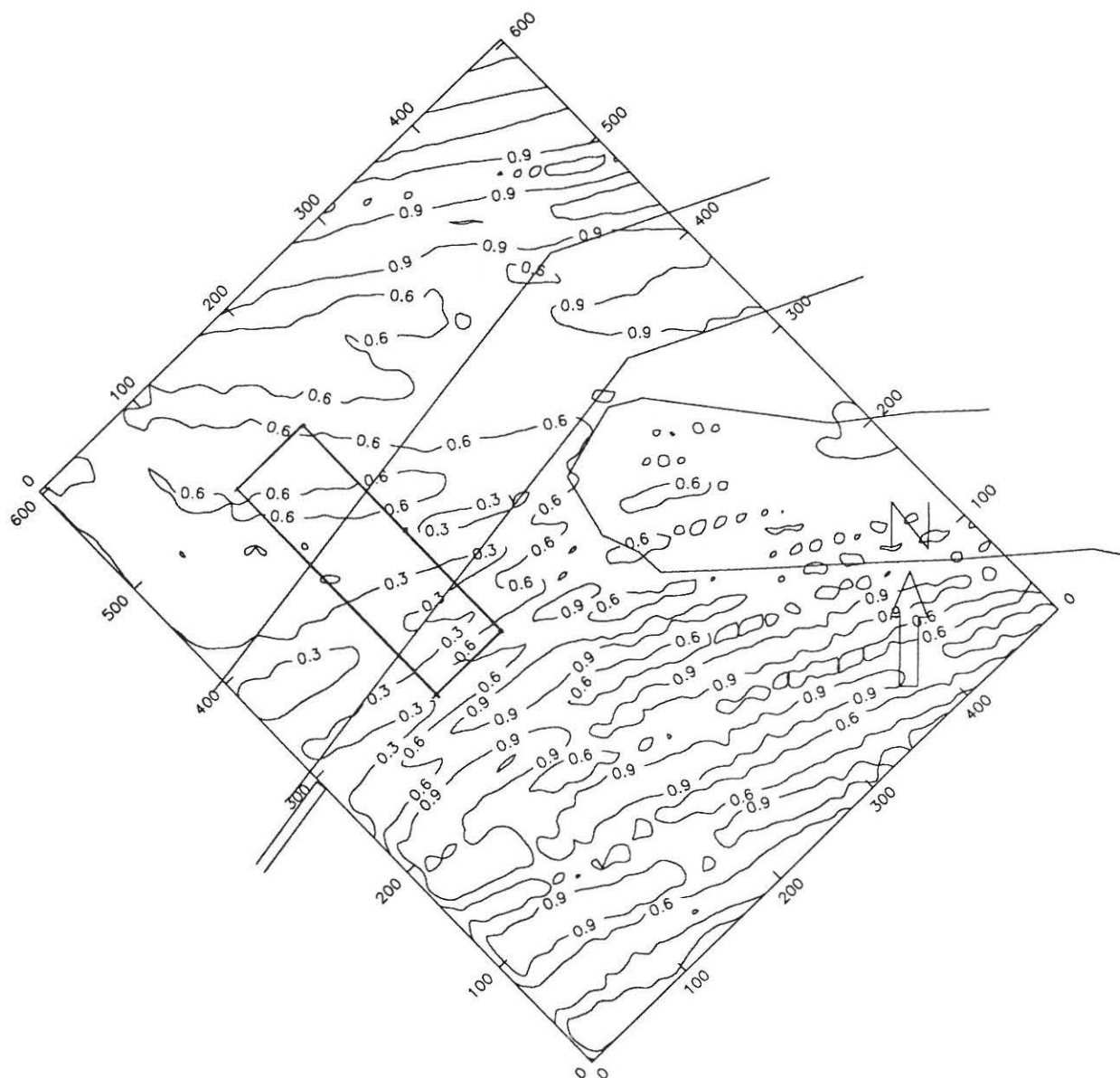
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Isolinier af relativ bølgehøjde. Hele modelområdet.

Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.17

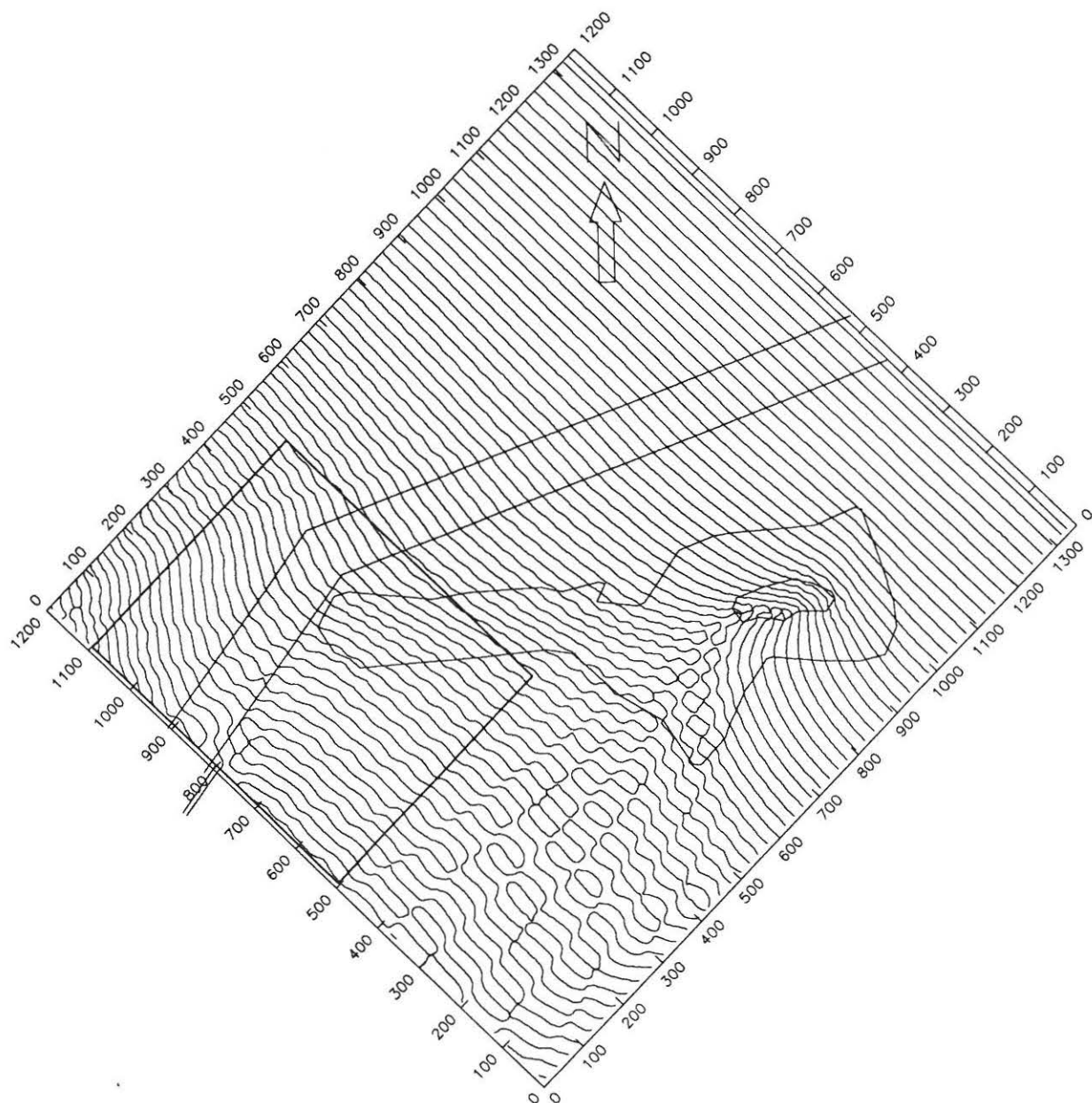


Vindretning : NØ (45° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_1) : 4.2 m
 Bølgeperiode : 6.0 sek
 Dybde af rende : 10 m

Relativ bølgehøjde (H / H_1) : 0.46 (middelværdi over indrammet område)

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.
 Afstande er angivet i m.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Isolinier af relativ bølgehøjde. Detailområde.	Dato : 7.2.1992
	Bilag nr. : 2.18



Vindretning : NØ (45° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_1) : 3.1 m
 Bølgeperiode : 6.0 sek
 Dybde af rende : 10 m

Afstand mellem de viste fronter er en halv bølgelængde. Afstande er angivet i m.

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

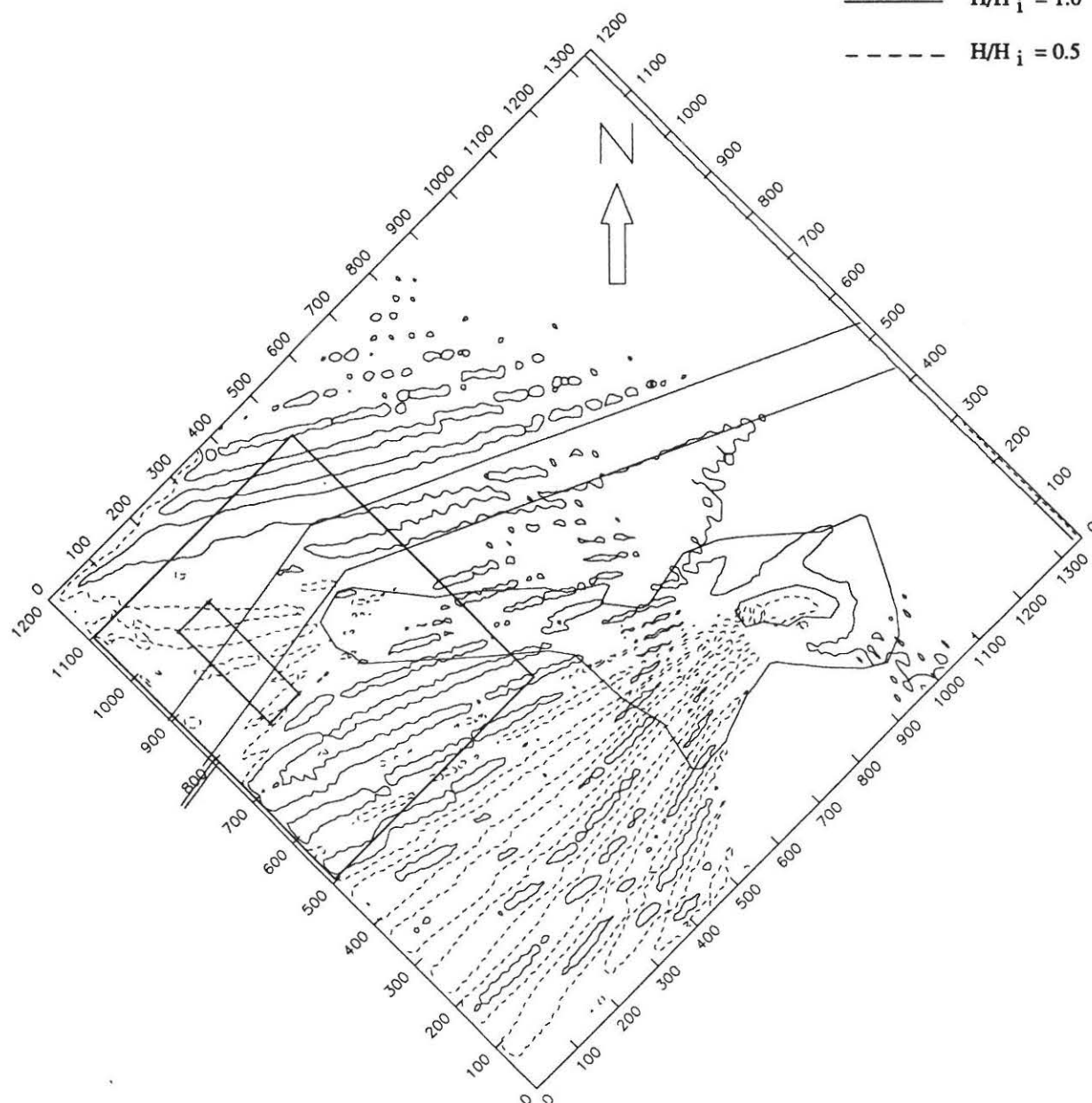
Rammen angiver området, hvor relativ bølgehøjde er vist på bilag nr. 2.21.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Bølgefronter.	Dato : 7.2.1992
	Bilag nr. : 2.19

Signaturforklaring :

— $H/H_i = 1.0$

- - - $H/H_i = 0.5$



Vindretning : NØ (45° Azimuth)

Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m

Bølgeperiode : 6.0 sek

Dybde af rende : 10 m

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

Stor ramme angiver området vist på bilag 2.21. Afstande er angivet i m.

Lille ramme viser det område, hvor middelværdi af relativ bølgehøjde er beregnet.

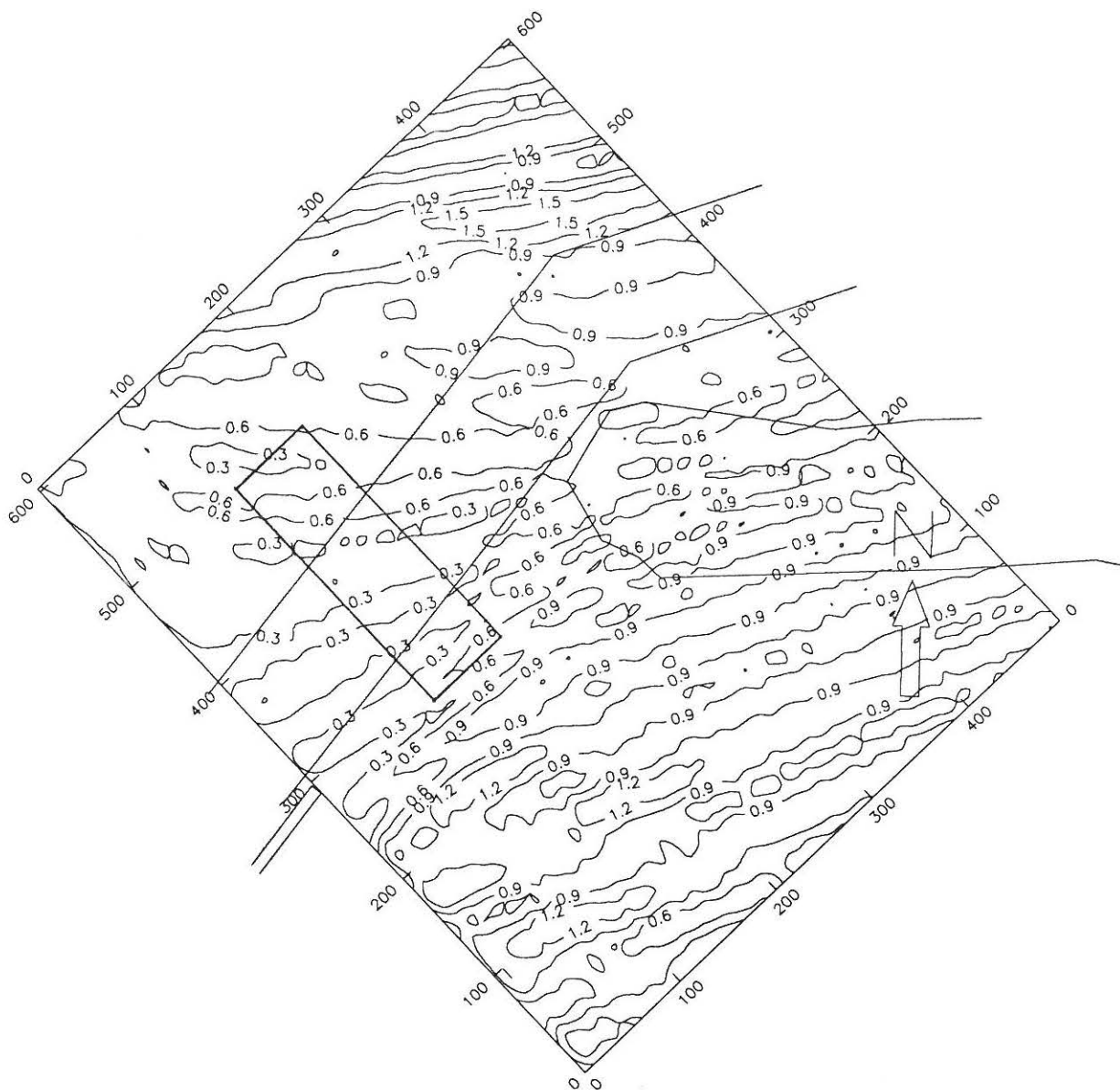
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Isolinier af relativ bølgehøjde. Hele modelområdet.

Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.20



Vindretning : NØ (45° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m
 Bølgeperiode : 6.0 sek
 Dybde af rende : 10 m

Relativ bølgehøjde (H / H_i) : 0.46 (middelværdi over indrammet område)

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.
 Afstande er angivet i m.

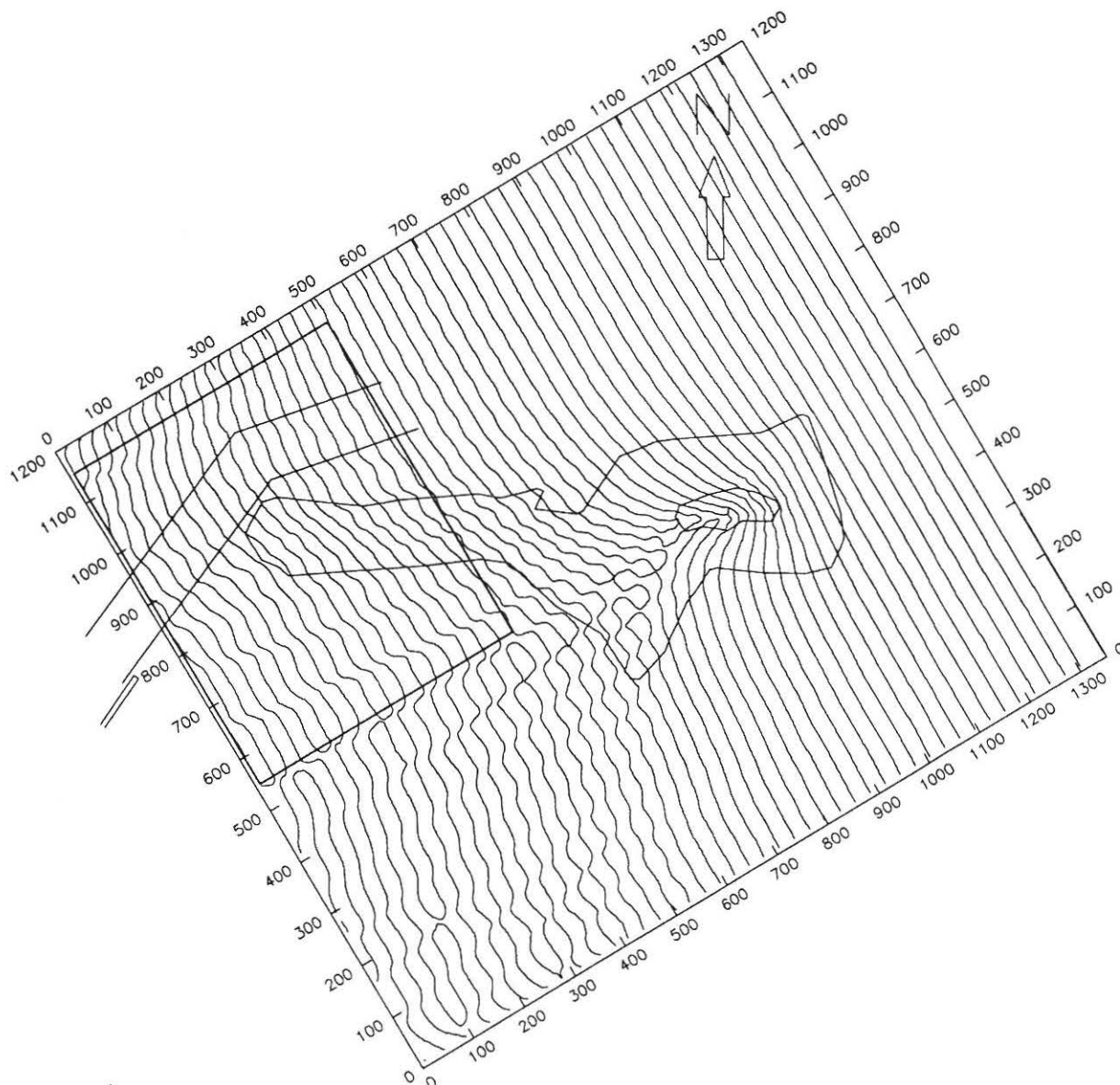
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Isolinier af relativ bølgehøjde.
 Detailområde.

Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.21



Vindretning : 60 ° Azimuth
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 8 m

Afstand mellem de viste fronter er en halv bølgelængde. Afstande er angivet i m.

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

Rammen angiver området, hvor relativ bølgehøjde er vist på bilag nr. 2.24.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Bølgefronter.

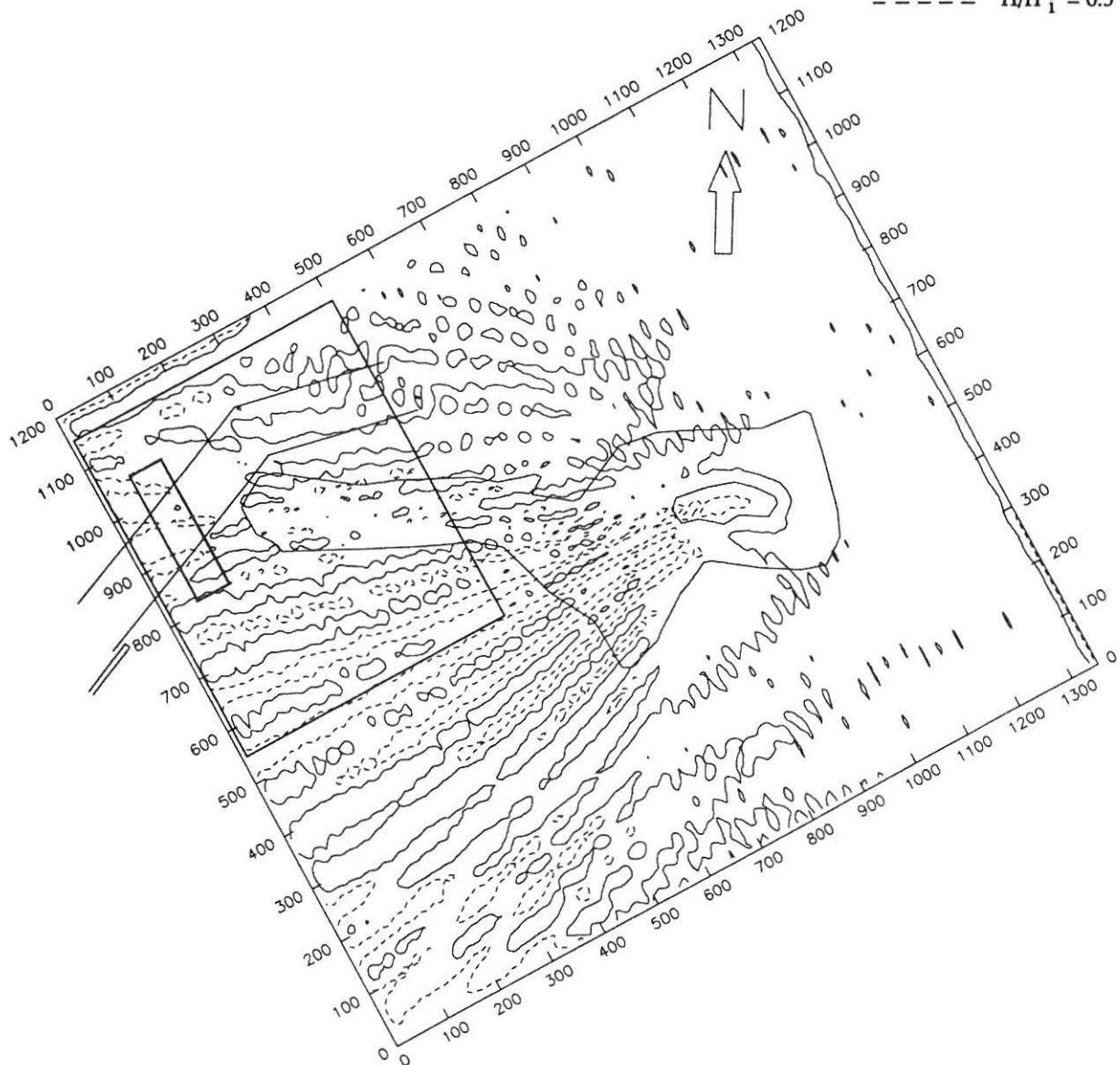
Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.22

Signaturforklaring :

— $H/H_i = 1.0$

- - - $H/H_i = 0.5$



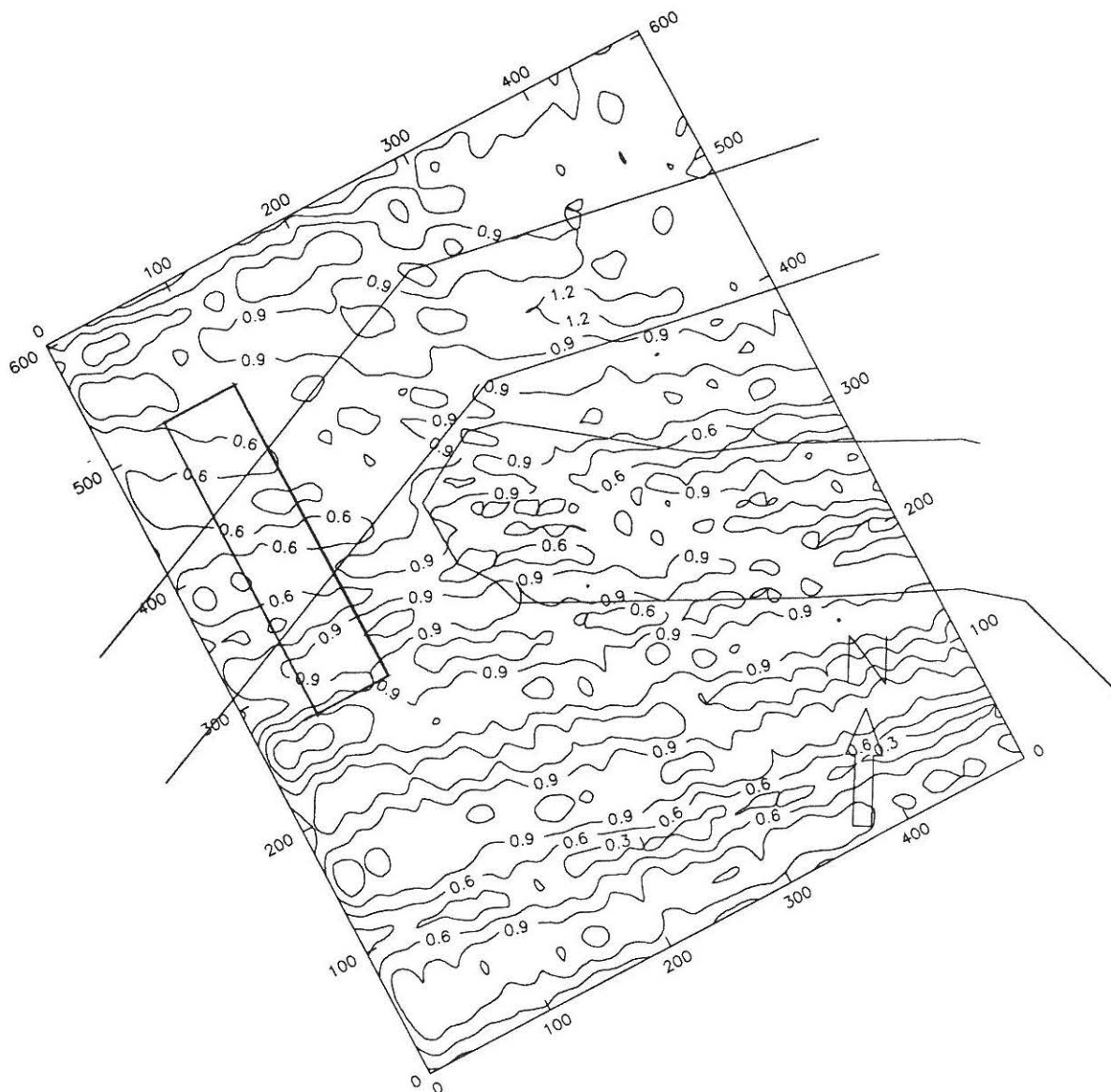
Vindretning : 60 ° Azimuth
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 8 m

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

Stor ramme angiver området vist på bilag 2.24. Afstande er angivet i m.

Lille ramme viser det område, hvor middelværdi af relativ bølgehøjde er beregnet.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Isolinier af relativ bølgehøjde. Hele modelområdet.	Dato : 7.2.1992
	Bilag nr. : 2.23

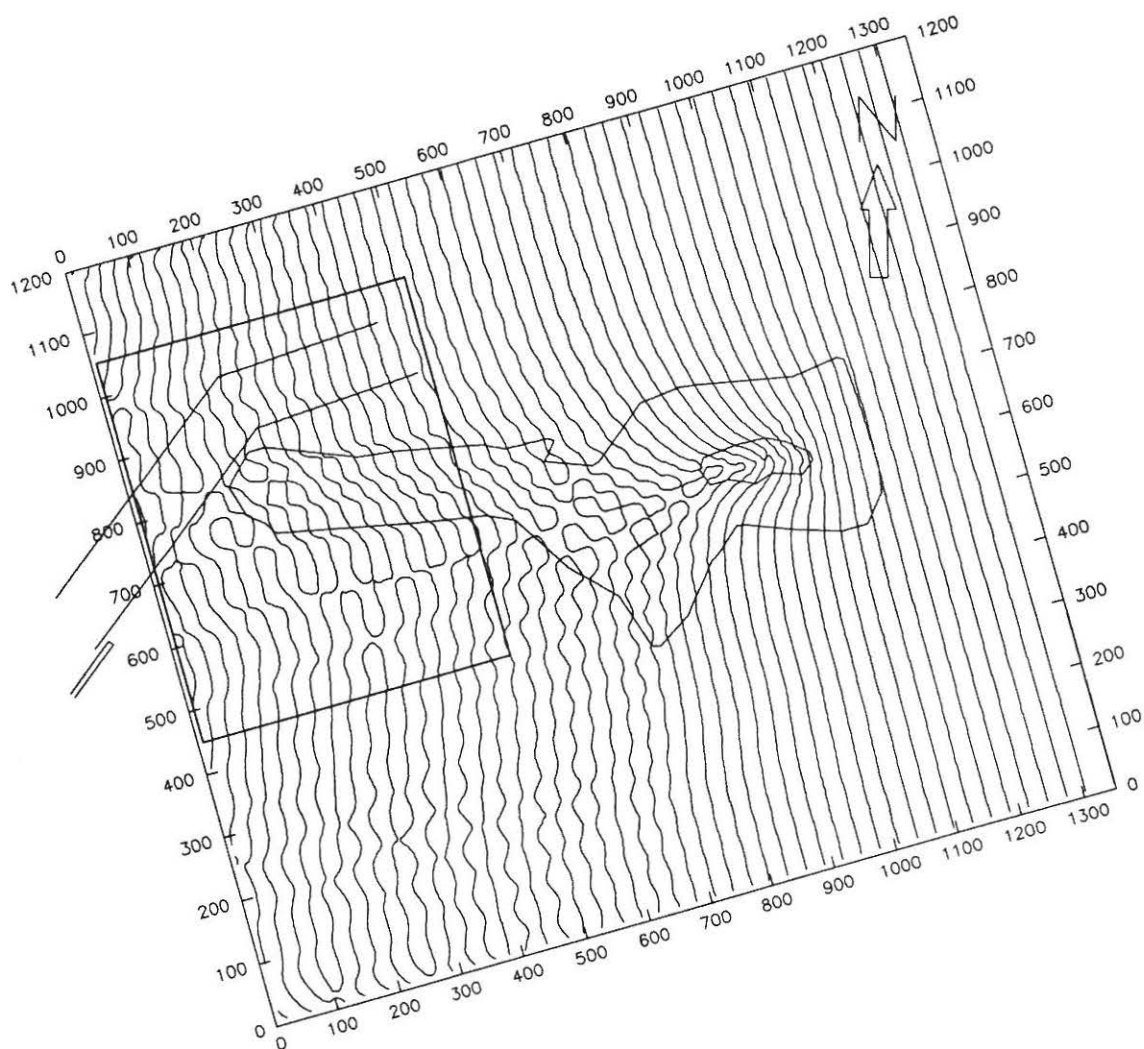


Vindretning : 60 ° Azimuth
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 8 m

Relativ bølgehøjde (H / H_i) : 0.75 (middelværdi over indrammet område)

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.
 Afstande er angivet i m.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Isolinier af relativ bølgehøjde. Detailområde.	Dato : 7.2.1992
	Bilag nr. : 2.24



Vindretning : 75 ° Azimuth
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 8 m

Afstand mellem de viste fronter er en halv bølgelængde. Afstande er angivet i m.

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

Rammen angiver området, hvor relativ bølgehøjde er vist på bilag nr. 2.27.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Bølgefronter.

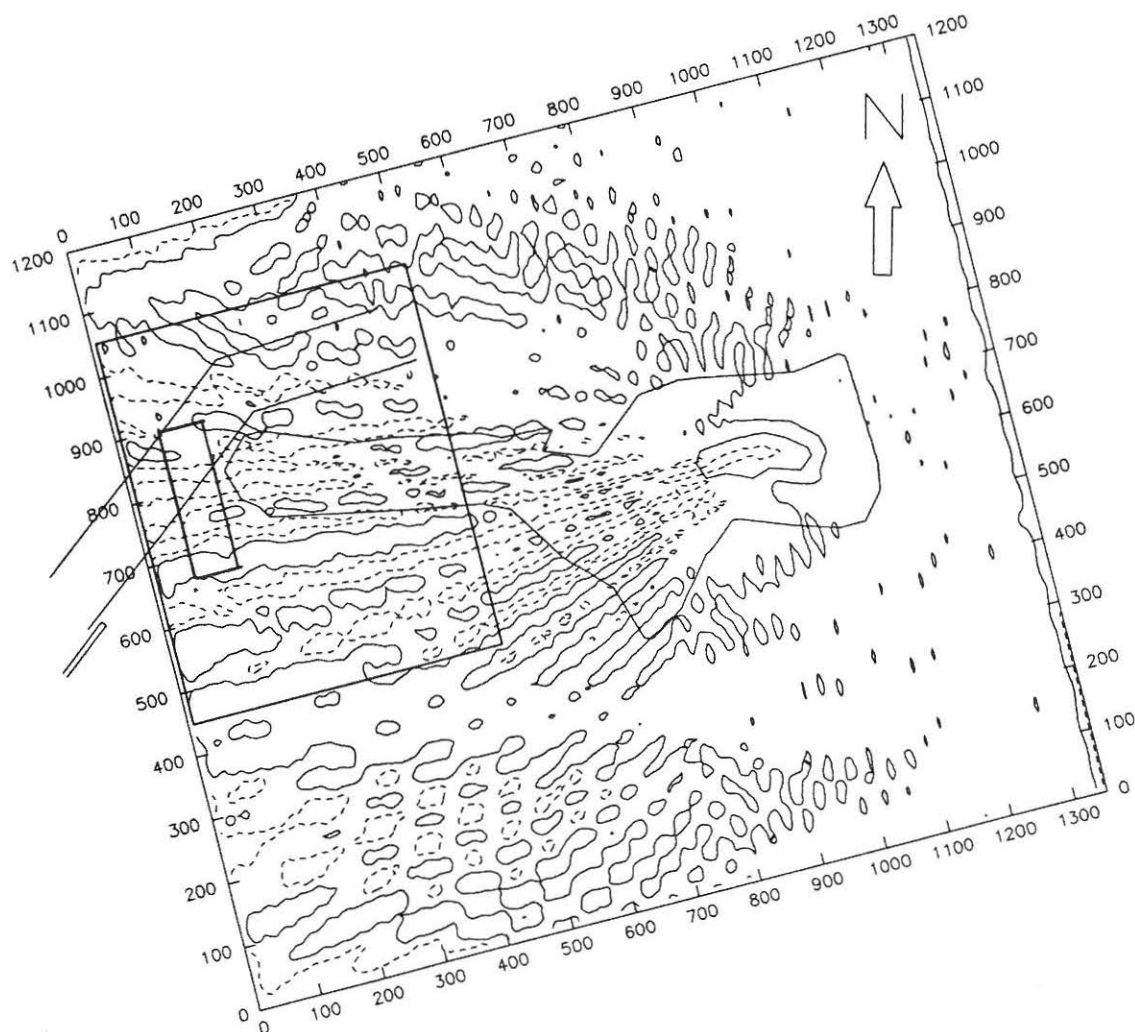
Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.25

Signaturforklaring :

———— $H/H_i = 1.0$

----- $H/H_i = 0.5$



Vindretning : 75 ° Azimuth
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 8 m

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

Stor ramme angiver området vist på bilag 2.27. Afstande er angivet i m.

Lille ramme viser det område, hvor middelværdi af relativ bølgehøjde er beregnet.

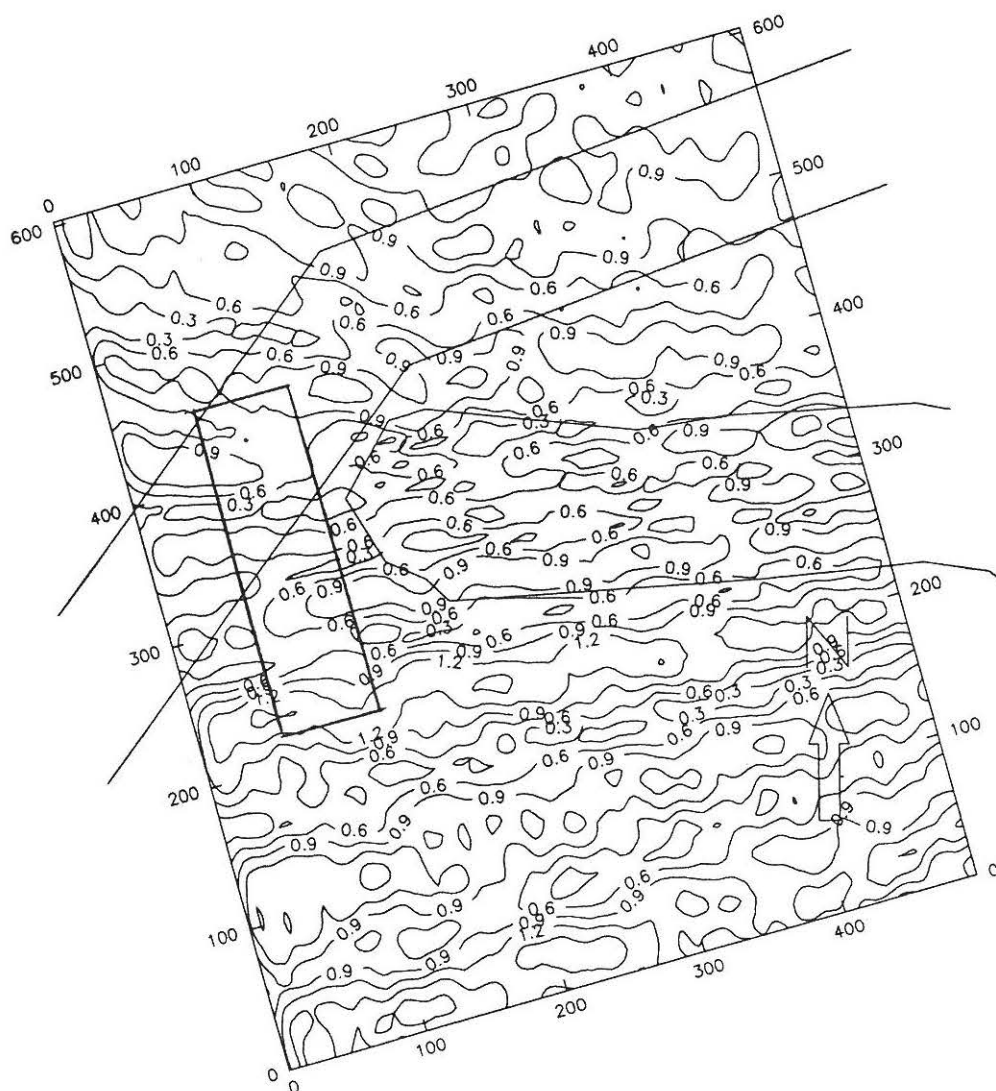
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Isolinier af relativ bølgehøjde. Hele modelområdet.

Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.26



Vindretning : 75 ° Azimuth
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 3.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 8 m

Relativ bølgehøjde (H / H_i) : 0.77 (middelværdi over indrammet område)

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.
 Afstande er angivet i m.

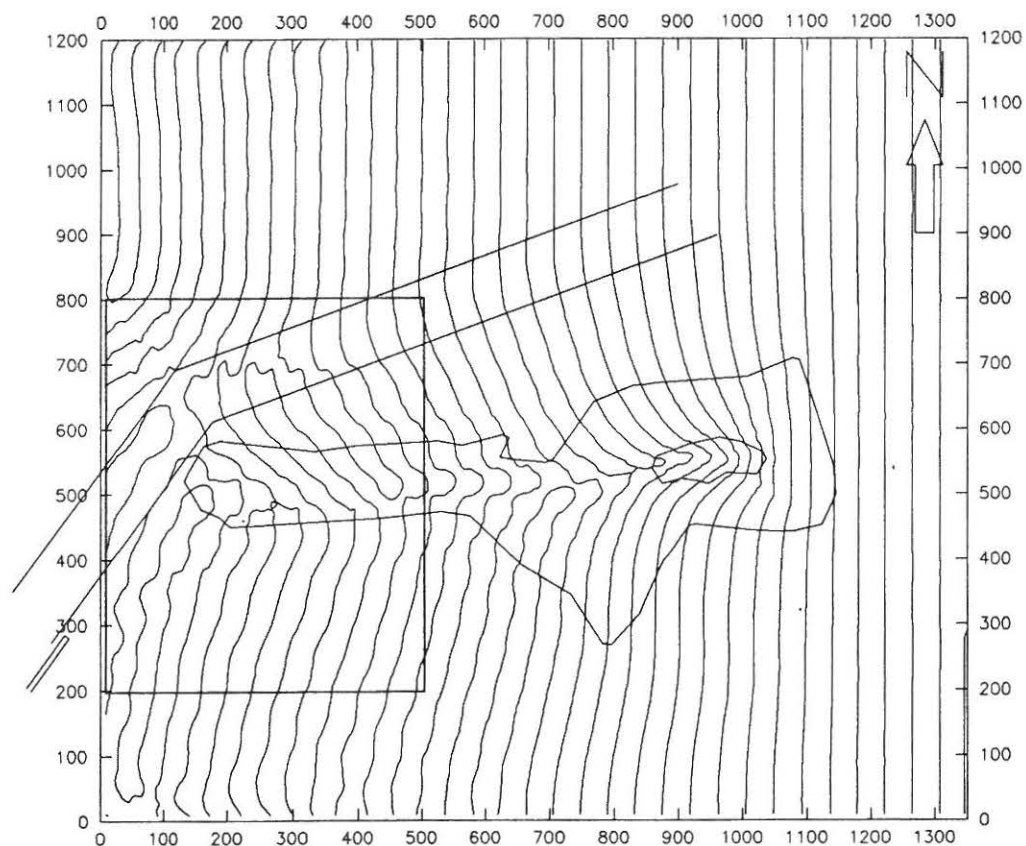
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Isolinier af relativ bølgehøjde.
 Detailområde.

Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.27



Vindretning : Ø (90° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 5.5 m
 Bølgeperiode : 9.5 sek
 Dybde af rende : 10 m

Afstand mellem de viste fronter er en halv bølgelængde. Afstande er angivet i m.

Sejltrede, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

Rammen angiver området, hvor relativ bølgehøjde er vist på bilag nr. 2.30.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Bølgefronter.

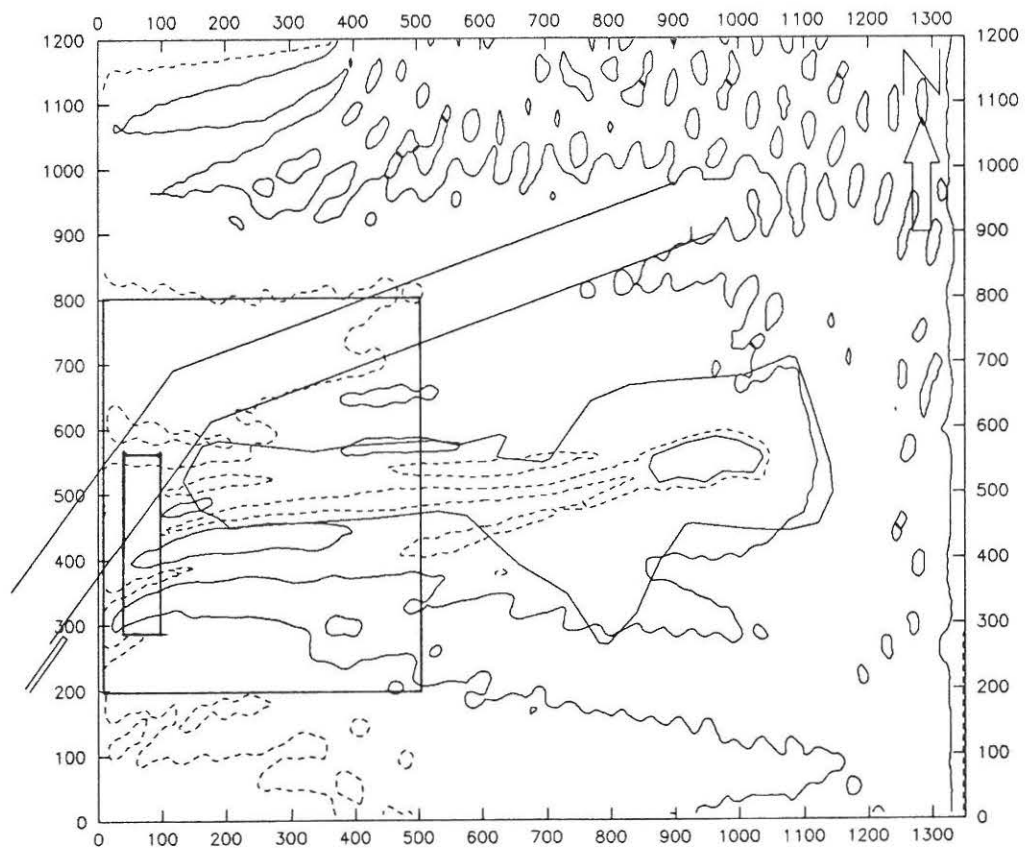
Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.28

Signaturforklaring :

———— $H/H_i = 1.0$

----- $H/H_i = 0.5$



Vindretning : Ø (90° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 5.5 m
 Bølgeperiode : 9.5 sek
 Dybde af rende : 10 m

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

Stor ramme angiver området vist på bilag 2.30. Afstande er angivet i m.

Lille ramme viser det område, hvor middelværdi af relativ bølgehøjde er beregnet.

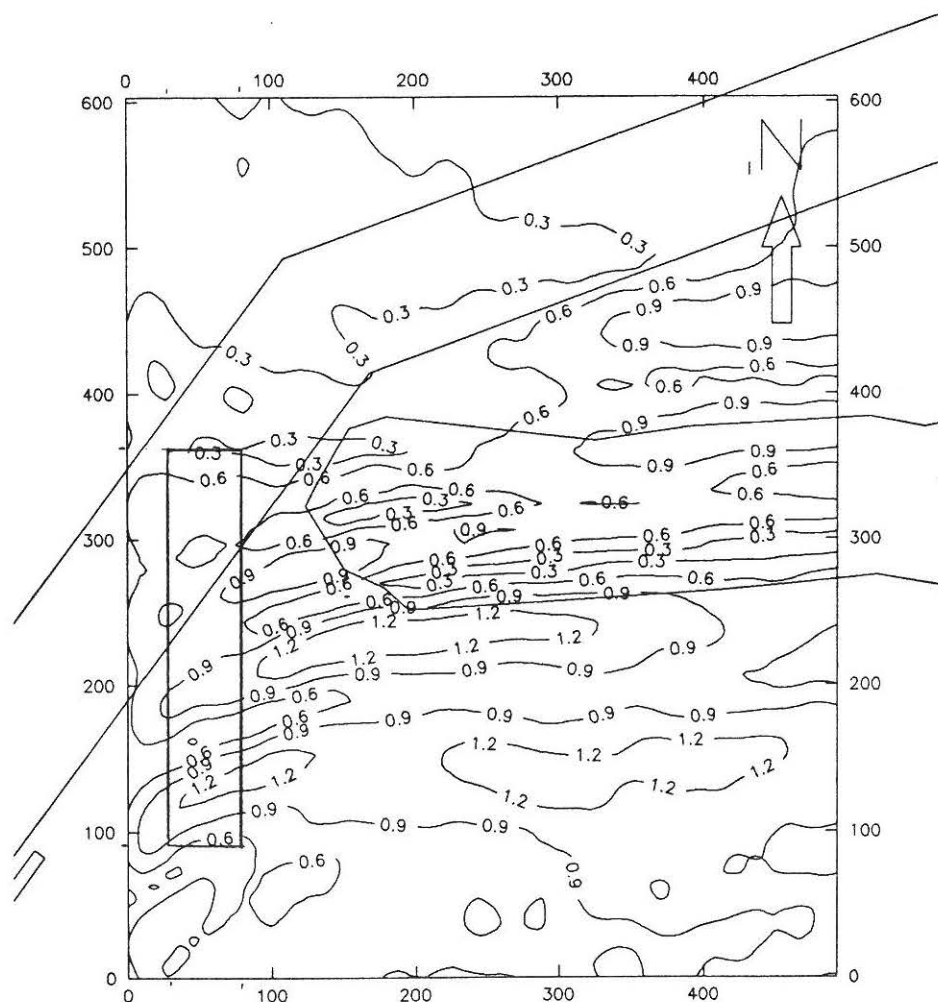
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Isolinier af relativ bølgehøjde. Hele modelområdet.

Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.29



Vindretning : Ø (90° Azimuth)

Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 5.5 m

Bølgeperiode : 9.5 sek

Dybde af rende : 10 m

Relativ bølgehøjde (H / H_i) : 0.81 (middelværdi over indrammet område)

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.
Afstande er angivet i m.

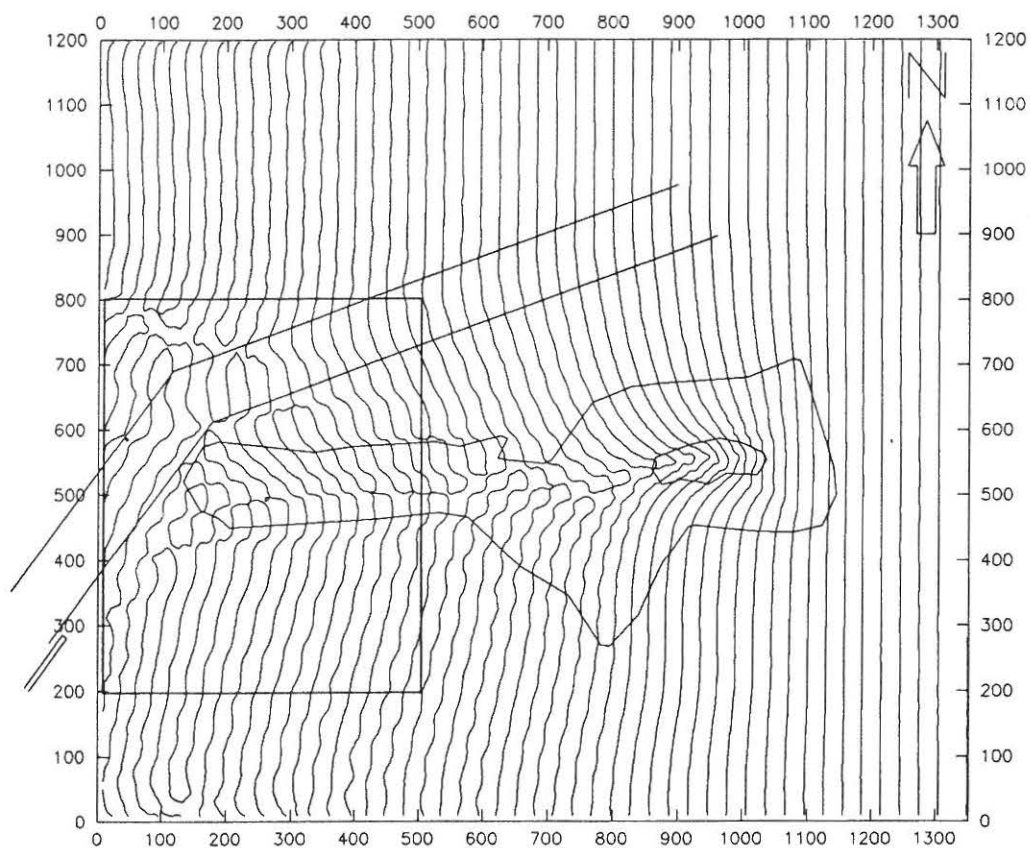
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Isolinier af relativ bølgehøjde.
Detailområde.

Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.30



Vindretning : Ø (90° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 4.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 10 m

Afstand mellem de viste fronter er en halv bølgelængde. Afstande er angivet i m.

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

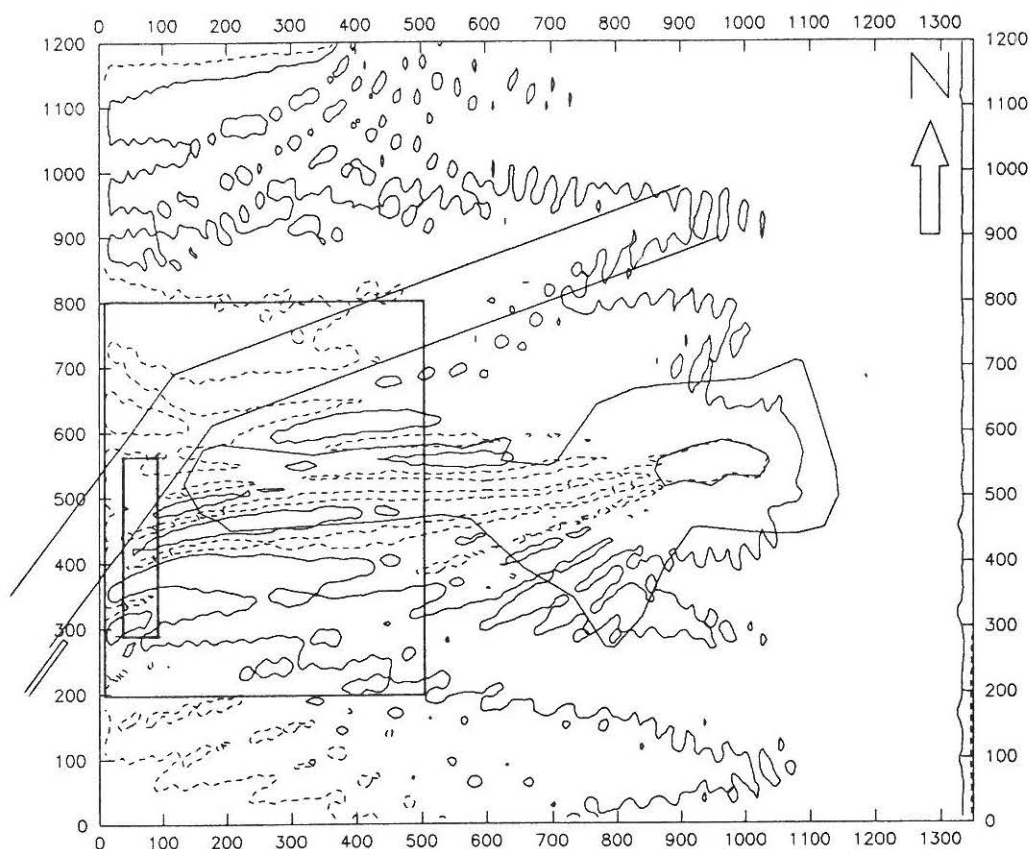
Rammen angiver området, hvor relativ bølgehøjde er vist på bilag nr. 2.33.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Bølgefronter.	Dato : 7.2.1992
	Bilag nr. : 2.31

Signaturforklaring :

———— $H/H_i = 1.0$

----- $H/H_i = 0.5$



Vindretning : Ø (90° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 4.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 10 m

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

Stor ramme angiver området vist på bilag 2.33. Afstande er angivet i m.

Lille ramme viser det område, hvor middelværdi af relativ bølgehøjde er beregnet.

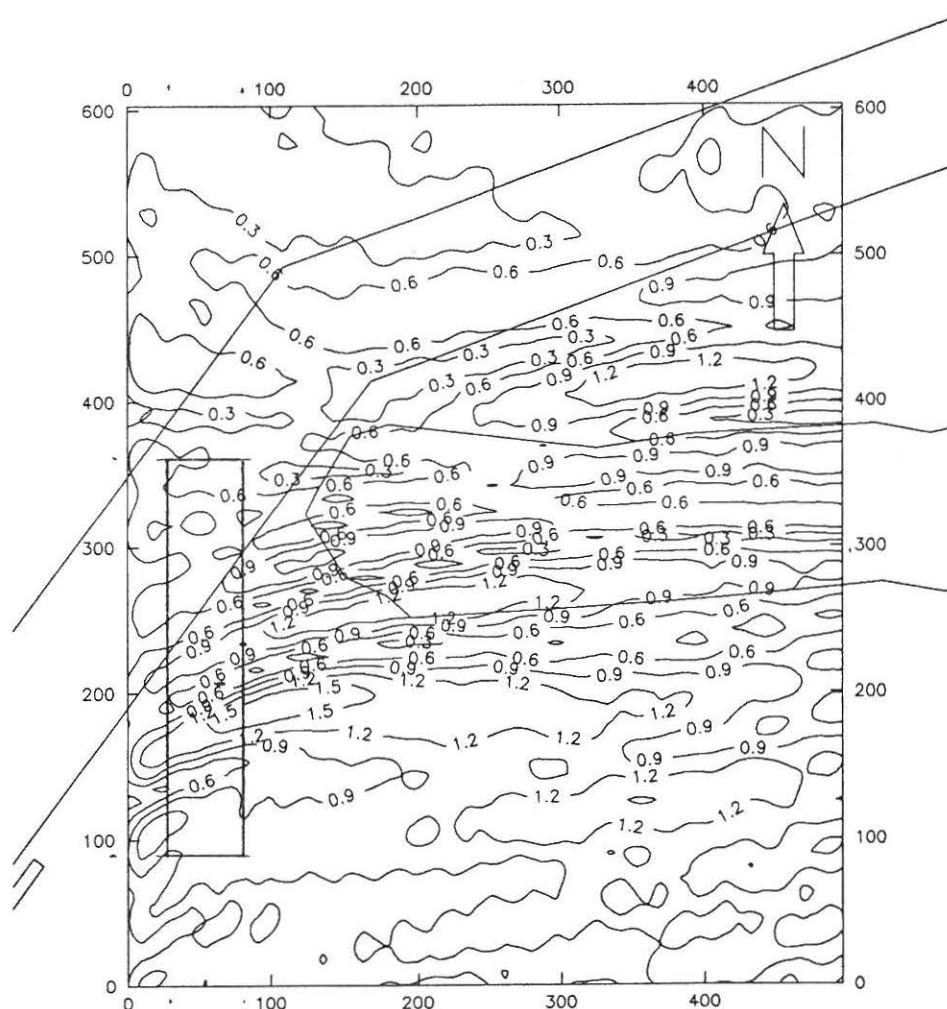
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Isolinier af relativ bølgehøjde. Hele modelområdet.

Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.32



Vindretning : Ø (90° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_1) : 4.1 m
 Bølgeperiode : 7.0 sek
 Dybde af rende : 10 m

Relativ bølgehøjde (H / H_1) : 0.87 (middelværdi over indrammet område)

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.
 Afstande er angivet i m.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

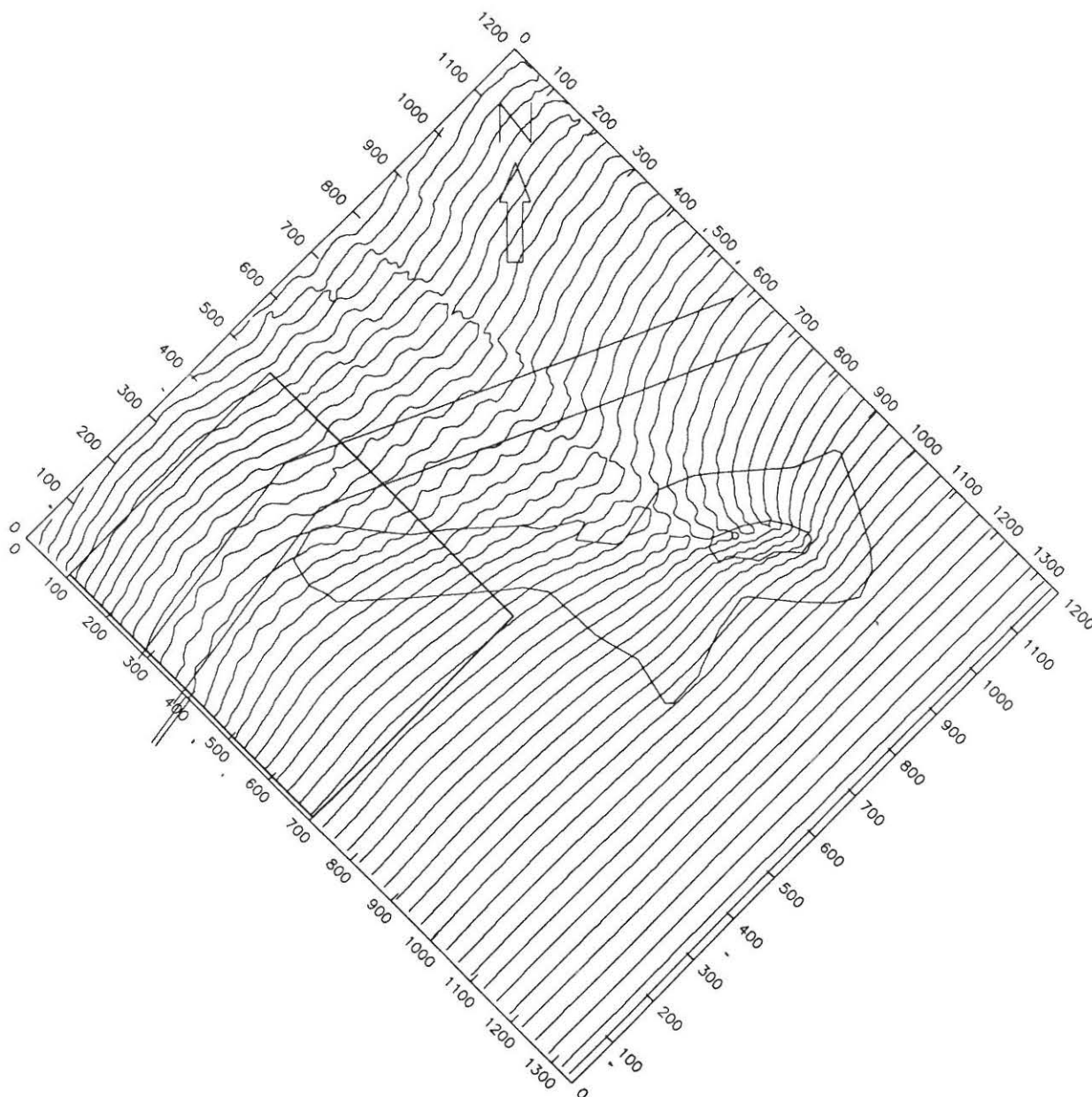
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Isolinier af relativ bølgehøjde.

Detailområde.

Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.33



Vindretning : SØ (135° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_1) : 4.9 m
 Bølgeperiode : 7.5 sek
 Dybde af rende : 10 m

Afstand mellem de viste fronter er en halv bølgelængde. Afstande er angivet i m.

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

Rammen angiver området, hvor relativ bølgehøjde er vist på bilag nr. 2.36.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Bølgefronter.

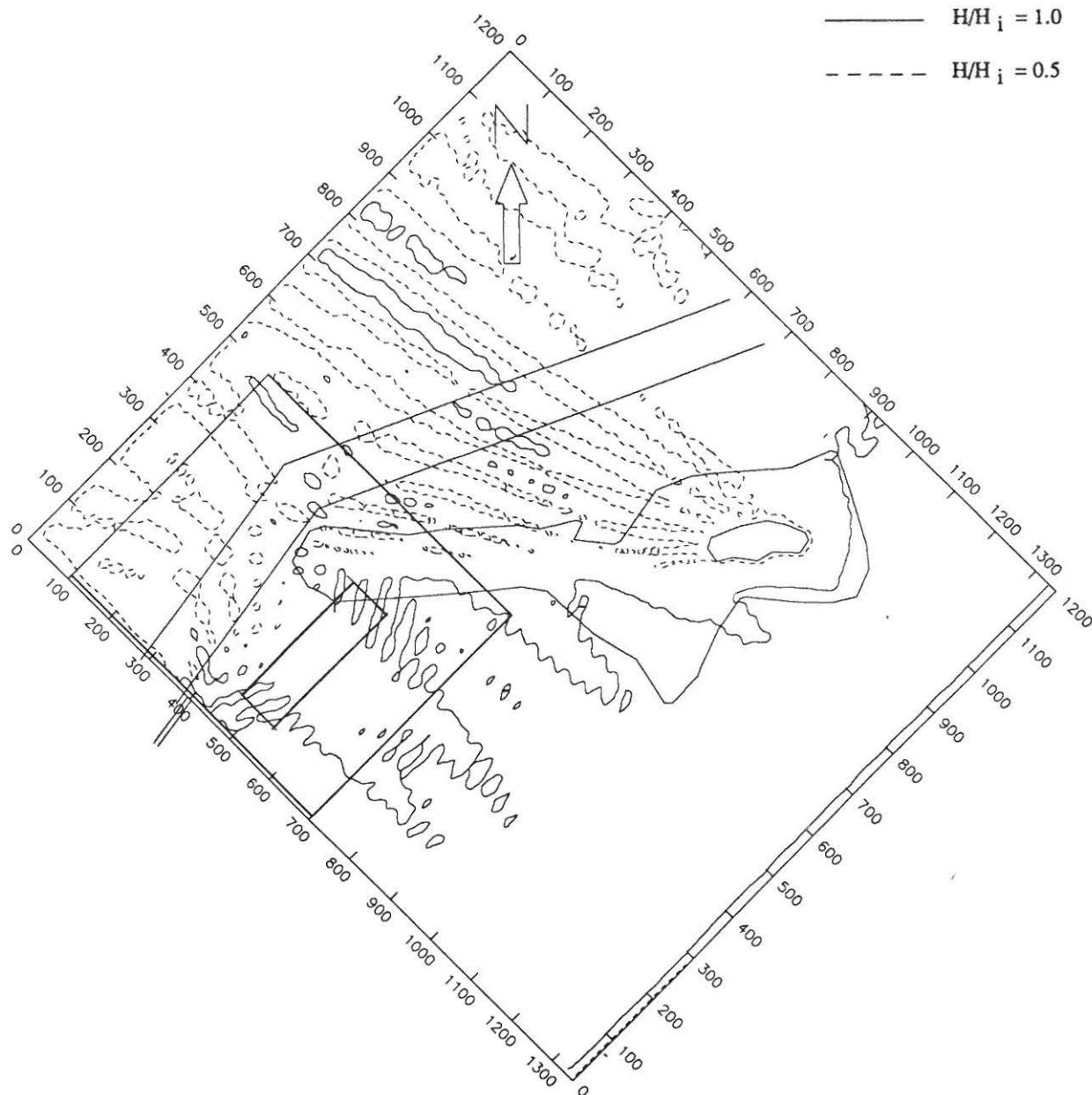
Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.34

Signaturforklaring :

— $H/H_i = 1.0$

- - - $H/H_i = 0.5$



Vindretning : SØ (135° Azimuth)
 Bølgehøjde på 10 m vand (H_i) : 4.9 m
 Bølgeperiode : 7.5 sek
 Dybde af rende : 10 m

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 2m- og 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

Stor ramme angiver området vist på bilag 2.36. Afstande er angivet i m.

Lille ramme viser det område, hvor middelværdi af relativ bølgehøjde er beregnet.

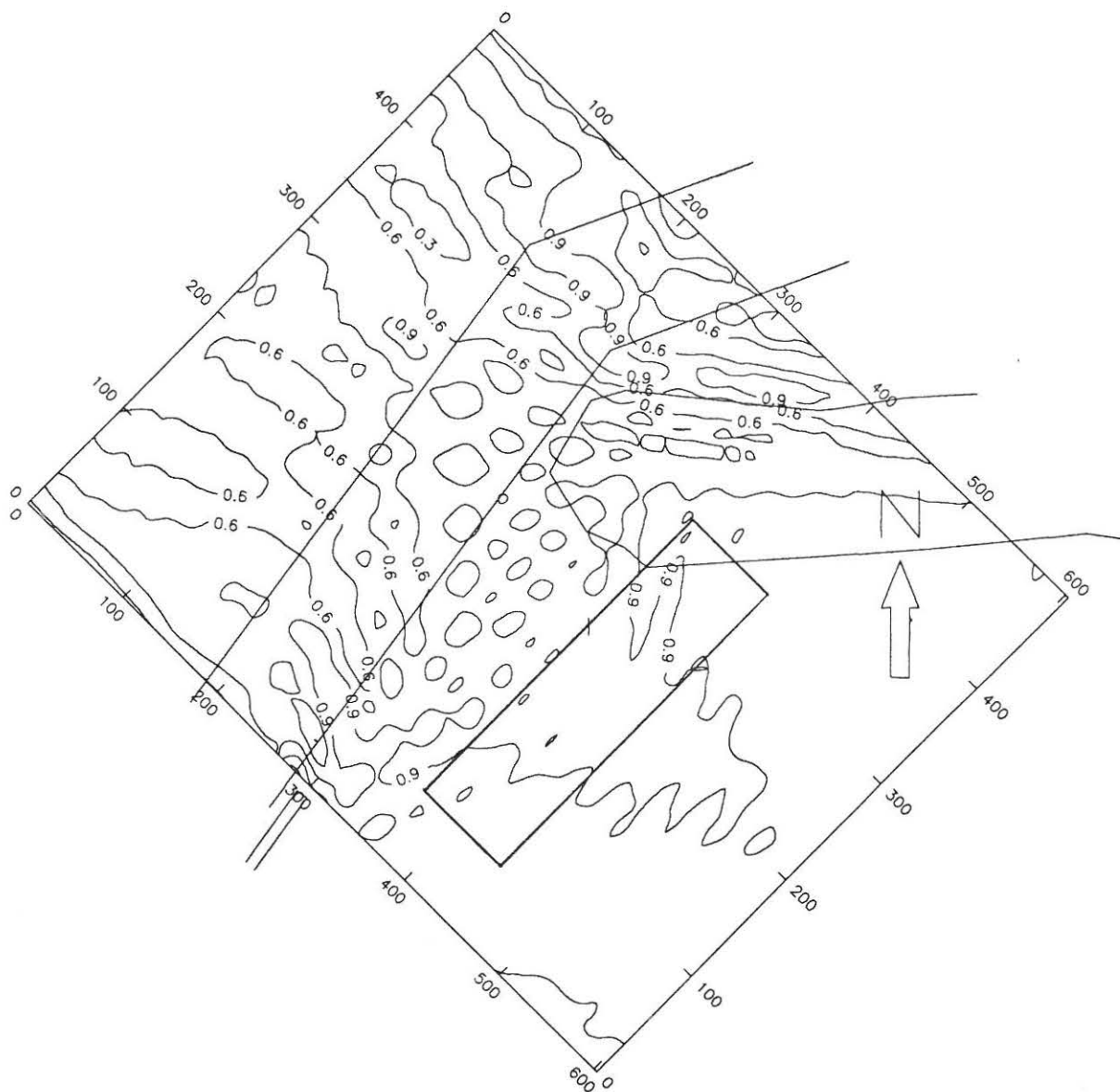
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Isolinier af relativ bølgehøjde. Hele modelområdet.

Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.35



Vindretning : SØ (135° Azimuth)

Bølgehøjde på 10 m vand (H_1) : 4.9 m

Bølgeperiode : 7.5 sek

Dybde af rende : 10 m

Relativ bølgehøjde (H / H_1) : 0.89 (middelværdi over indrammet område)

Sejlrende, eksisterende Ø-mole samt 7m-kurven på Kalkgrunden er vist med fuldt optrukket linie.

Afstande er angivet i m.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

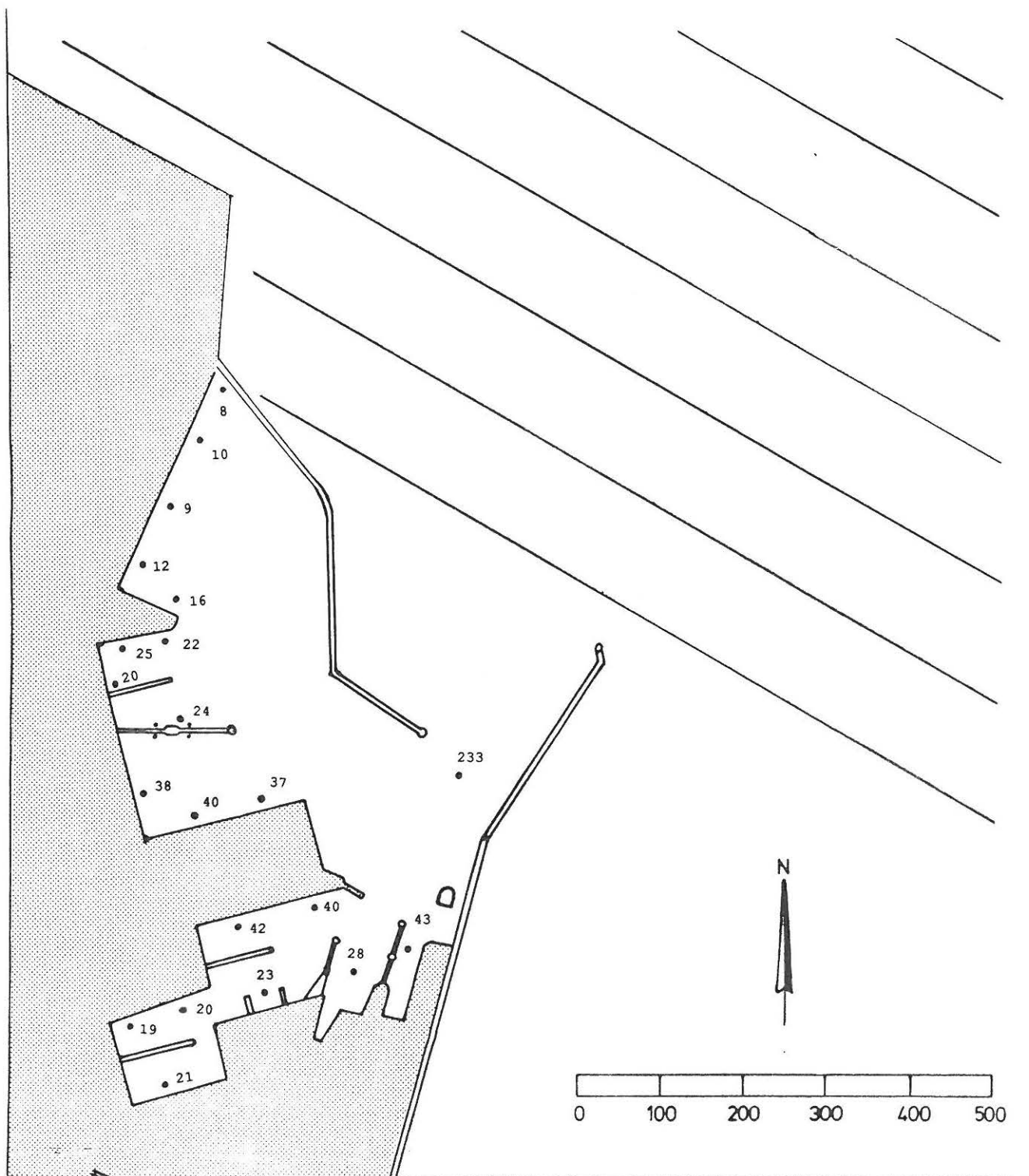
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Isolinier af relativ bølgehøjde.

Detailområde.

Dato : 7.2.1992

Bilag nr. : 2.36



Signifikante bølgehøjder (cm) i eksisterende havn.

Bølger fra N30.

H_s ved bølgemaskine 2.5 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

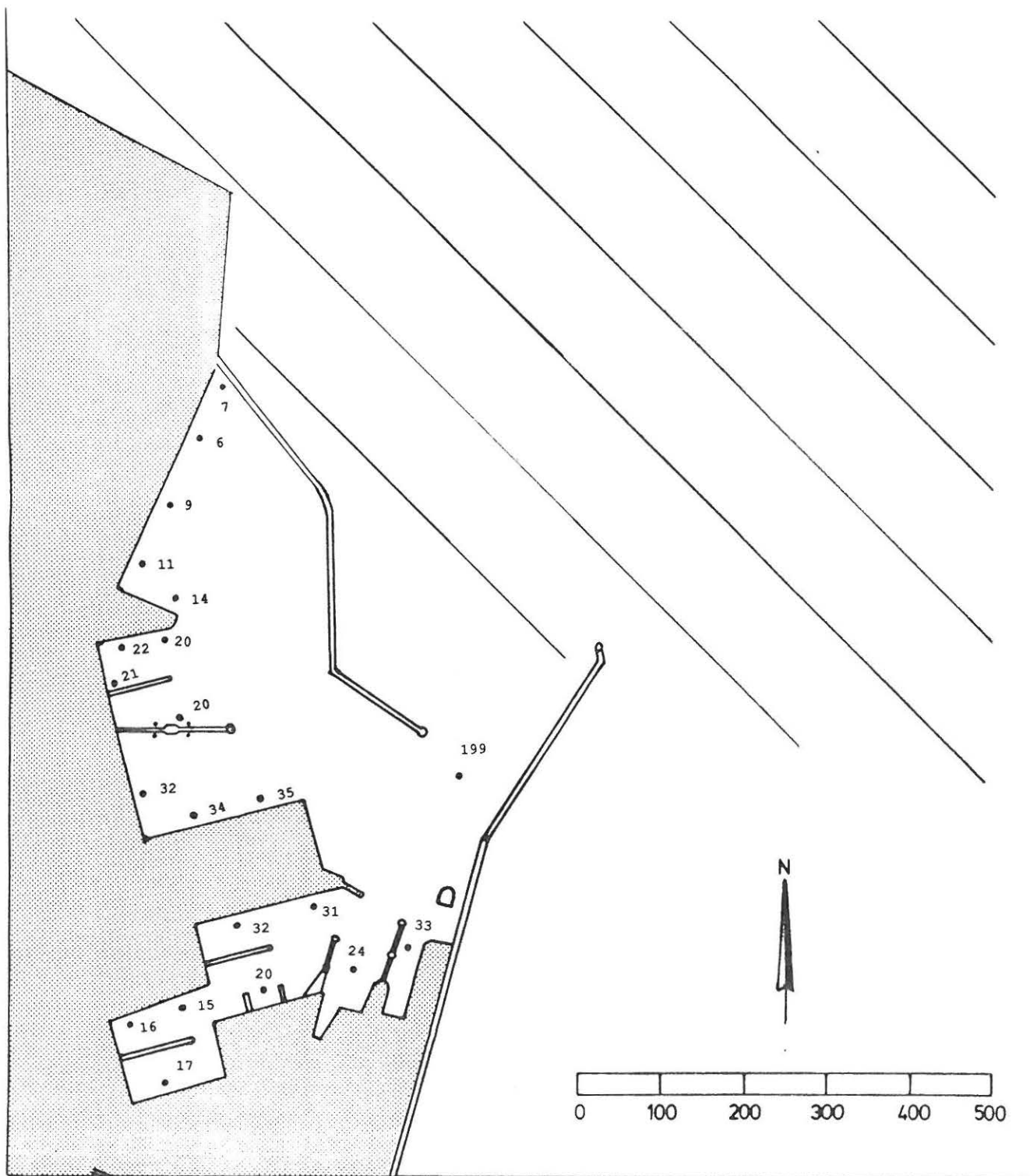
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Målte bølgehøjder.

Dato : 6.2.1992

Bilag nr. : **3.01**



. Signifikante bølgehøjder (cm) i eksisterende havn.

Bølger fra N45.

H_s ved bølgemaskine 2.2 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

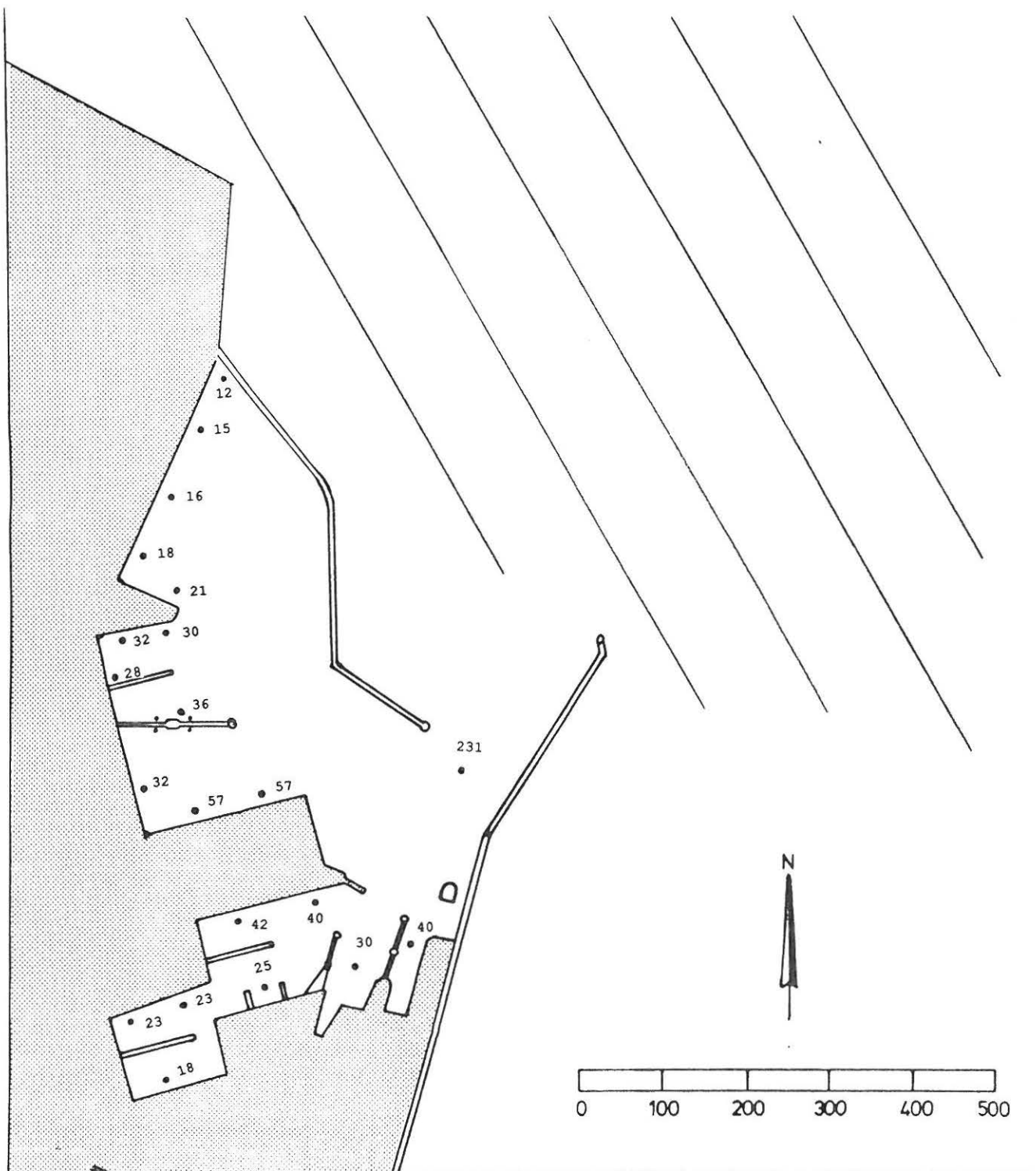
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Målte bølgehøjder.

Dato : 6.2.1992

Bilag nr. : 3.02



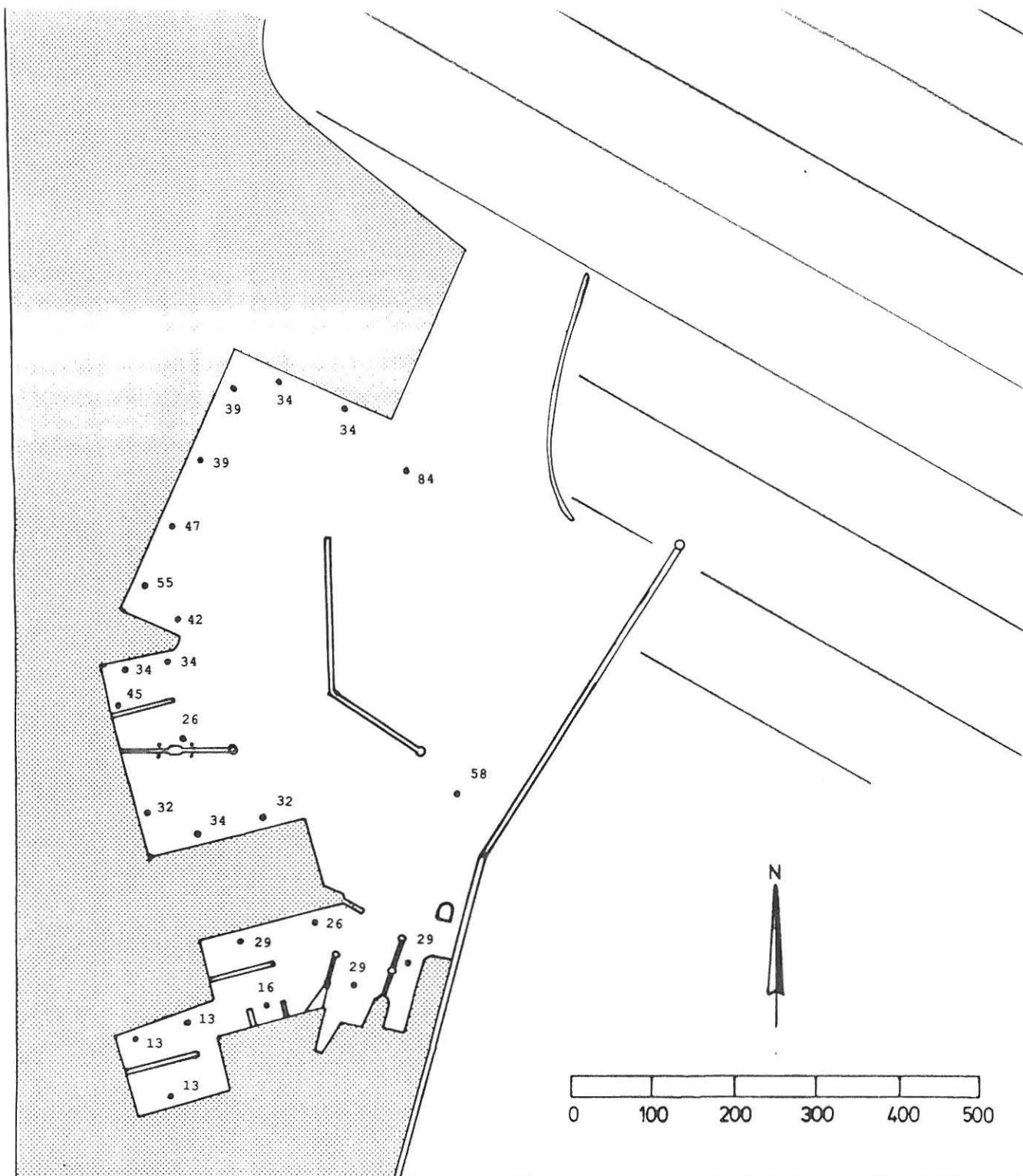
Signifikante bølgehøjder (cm) i eksisterende havn.

Bølger fra N60.

H_s ved bølgemaskine 2.6 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Målte bølgehøjder.	Dato : 6.2.1992
	Bilag nr. : 3.03



Signifikante bølgehøjder (cm) i Dansk Geotekniks forslag til havneplan.

Bølger fra N30.

Hs ved bølgemaskine 2.5 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

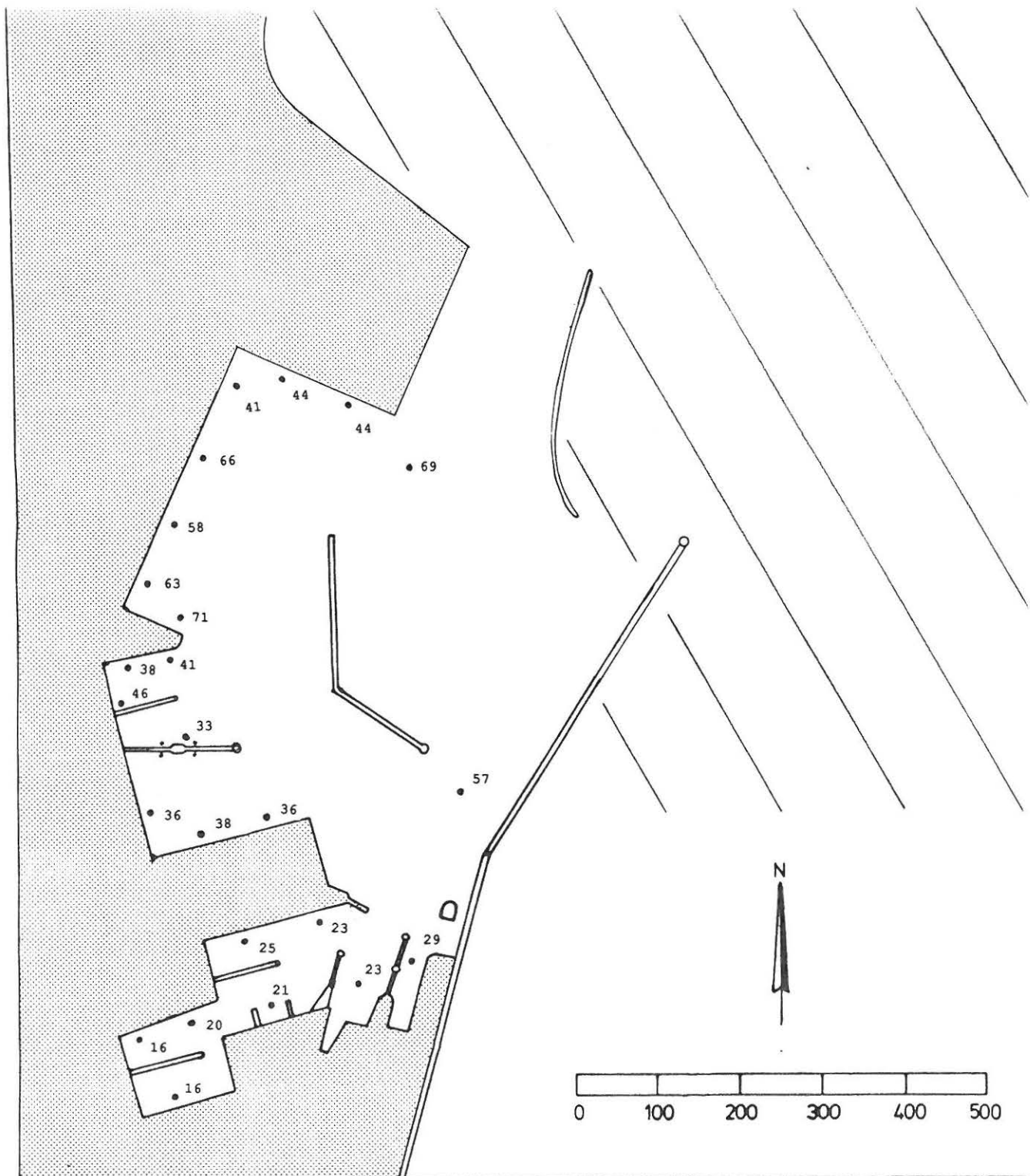
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Målte bølgehøjder.

Dato : 6.2.1992

Bilag nr. : 3.04



Signifikante bølgehøjder (cm) i Dansk Geotekniks forslag til havneplan.

Bølger fra N60.

Hs ved bølgemaskine 2.6 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

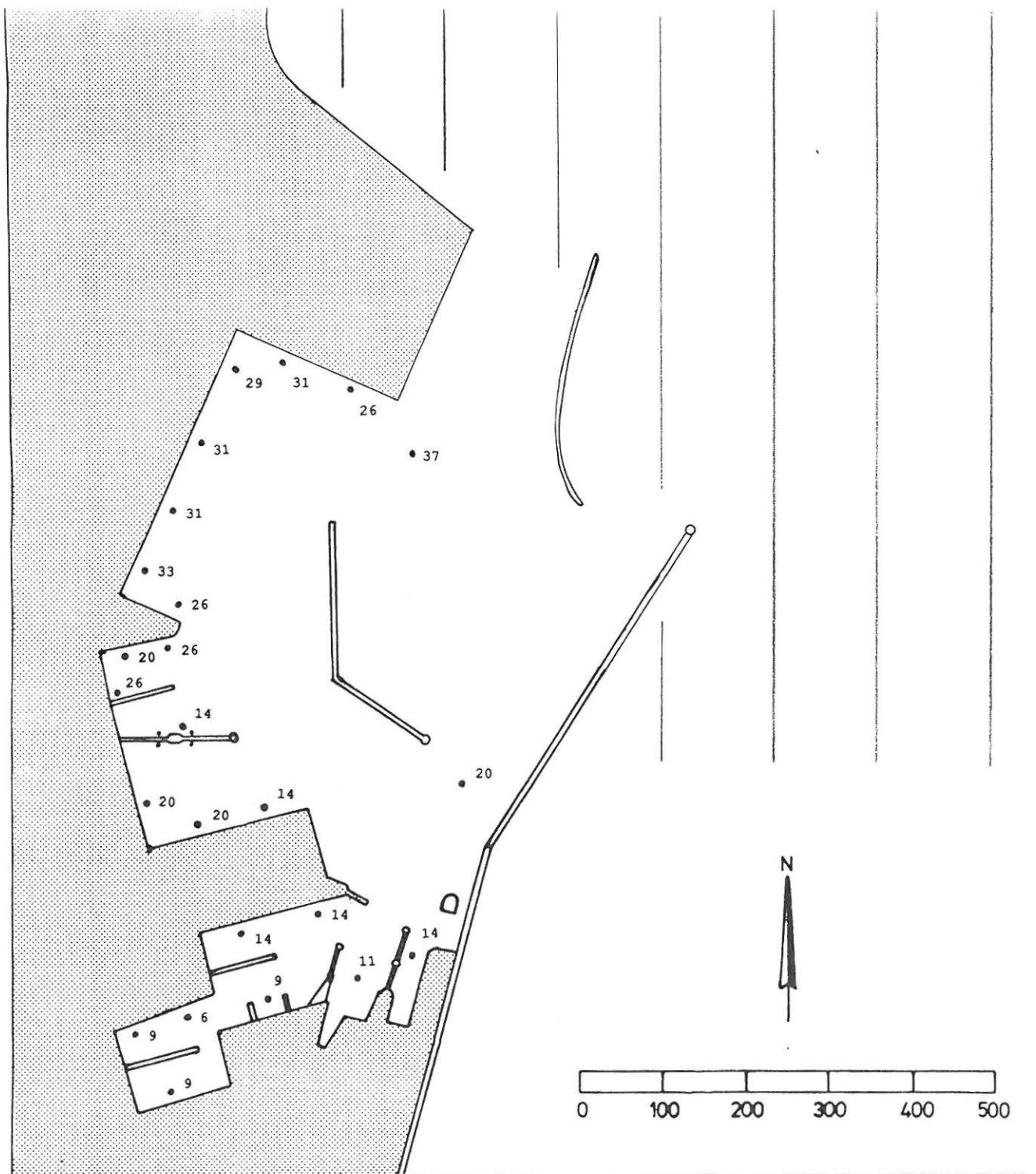
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Målte bølgehøjder.

Dato : 6.2.1992

Bilag nr. : 3.05



Signifikante bølgehøjder (cm) i Dansk Geotekniks forslag til havneplan.

Bølger fra Øst.

Hs ved bølgemaskine 3.4 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

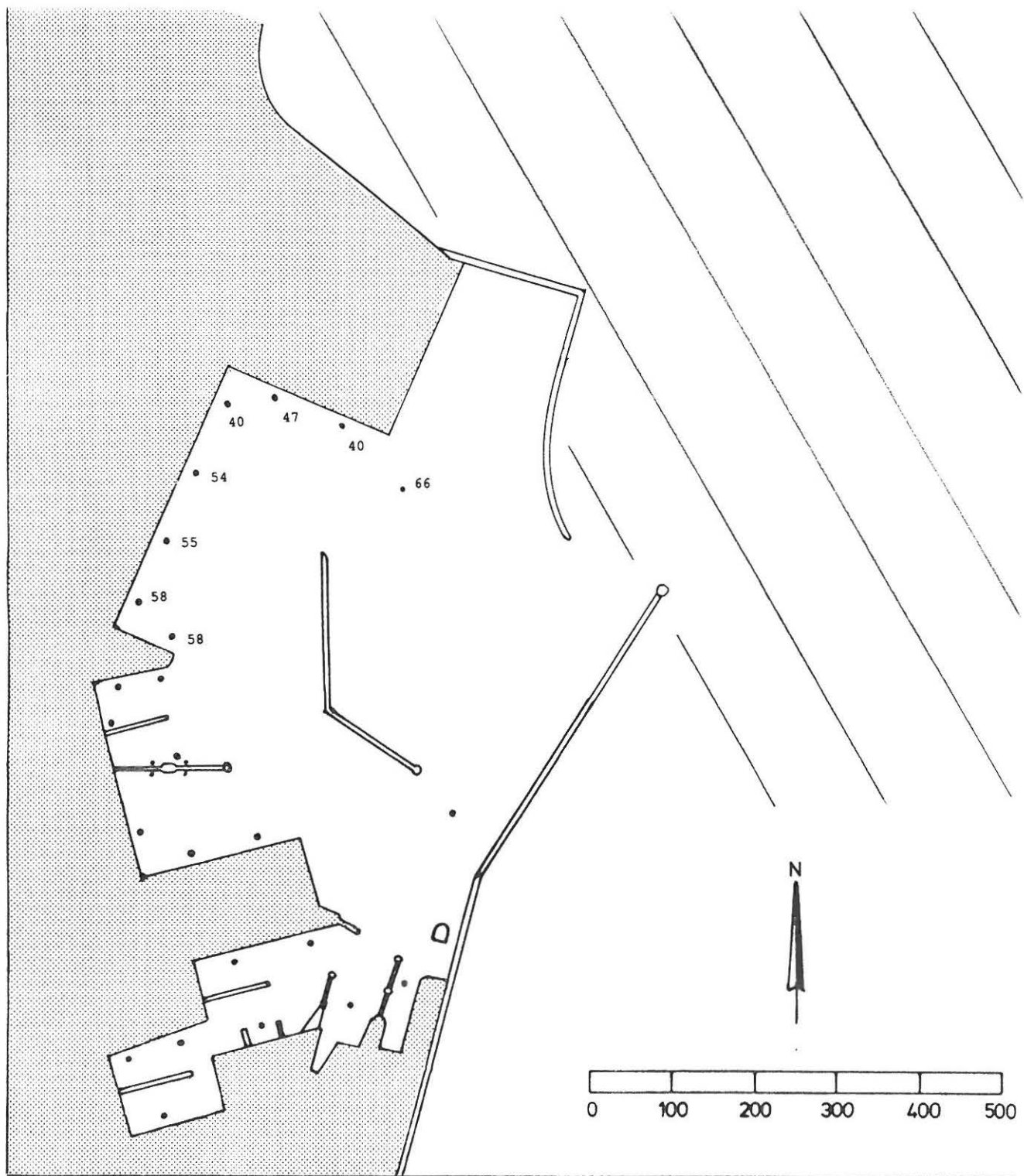
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Målte bølgehøjder.

Dato : 6.2.1992

Bilag nr. : 3.06

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Målte bølgehøjder.	Dato : 6.2.1992
	Bilag nr. : 3.07



Signifikante bølgehøjder (cm) i Dansk Geotekniks forslag til havneplan,
+ Nordmole - 50 m Østmole.

Bølger fra N60.

Hs ved bølgemaskine 2.6 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

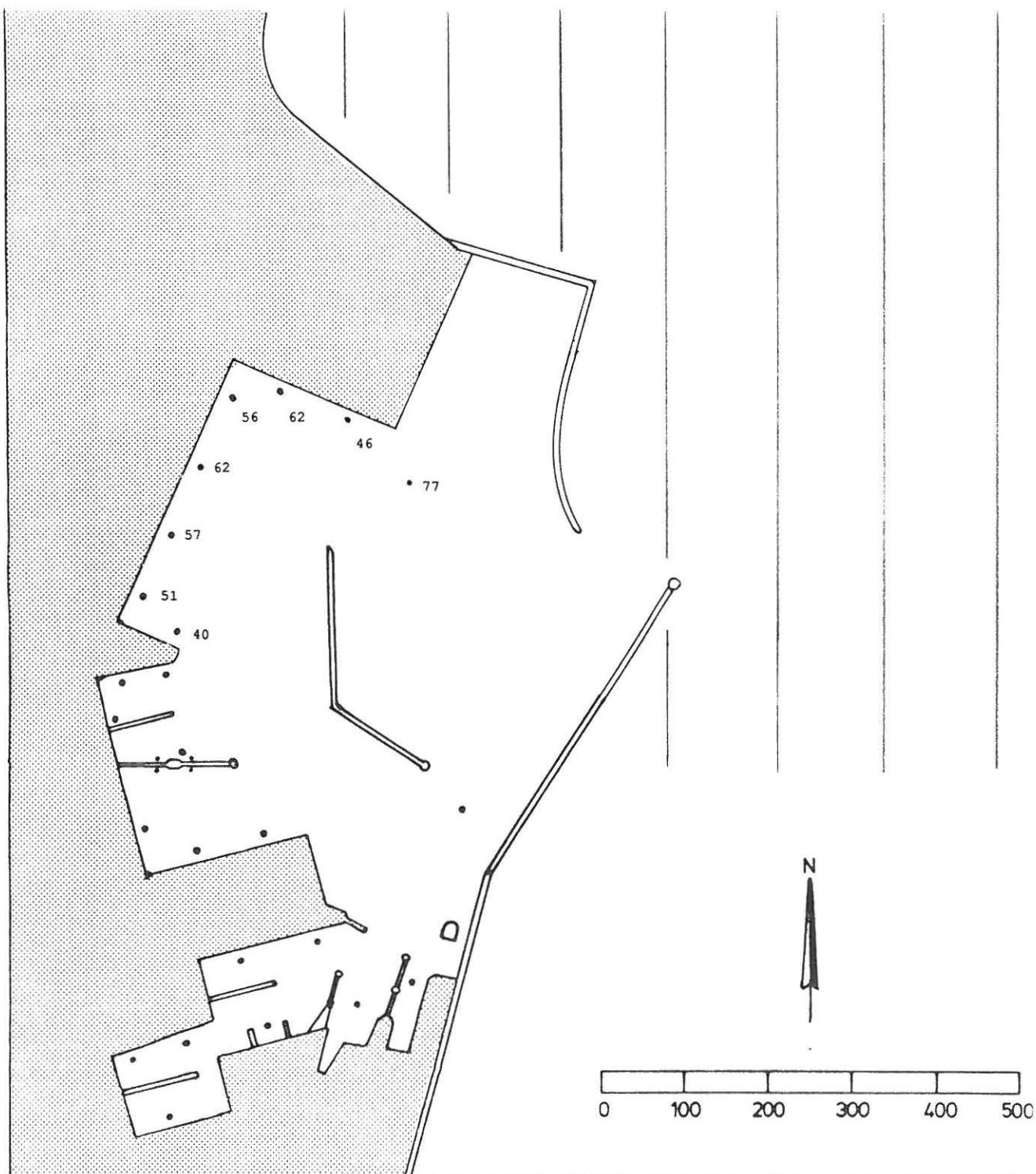
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Målte bølgehøjder.

Dato : 6.2.1992

Bilag nr. : 3.08



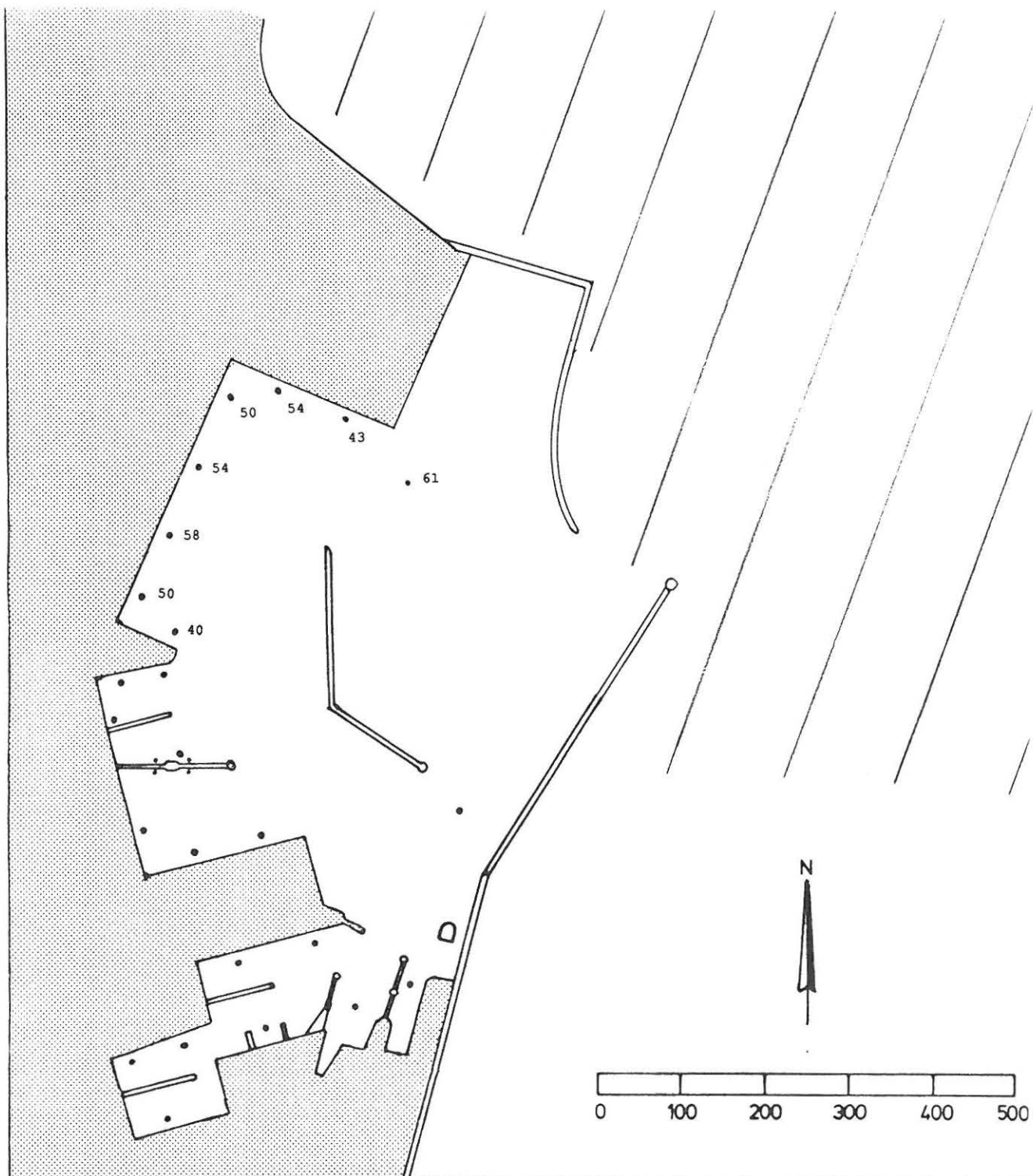
Signifikante bølgehøjder (cm) i Dansk Geotekniks forslag til havneplan,
+ Nordmole - 50 m Østmole.

Bølger fra Øst.

Hs ved bølgemaskine 3.4 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Målte bølgehøjder.	Dato : 6.2.1992
	Bilag nr. : 3.09



Signifikante bølgehøjder (cm) i Dansk Geotekniks forslag til havneplan,
+ Nordmole - 50 m Østmole.

Bølger fra Ø20 (110 grader azimuth).

Hs ved bølgemaskine 3.7 m, Tp = 9.5 sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

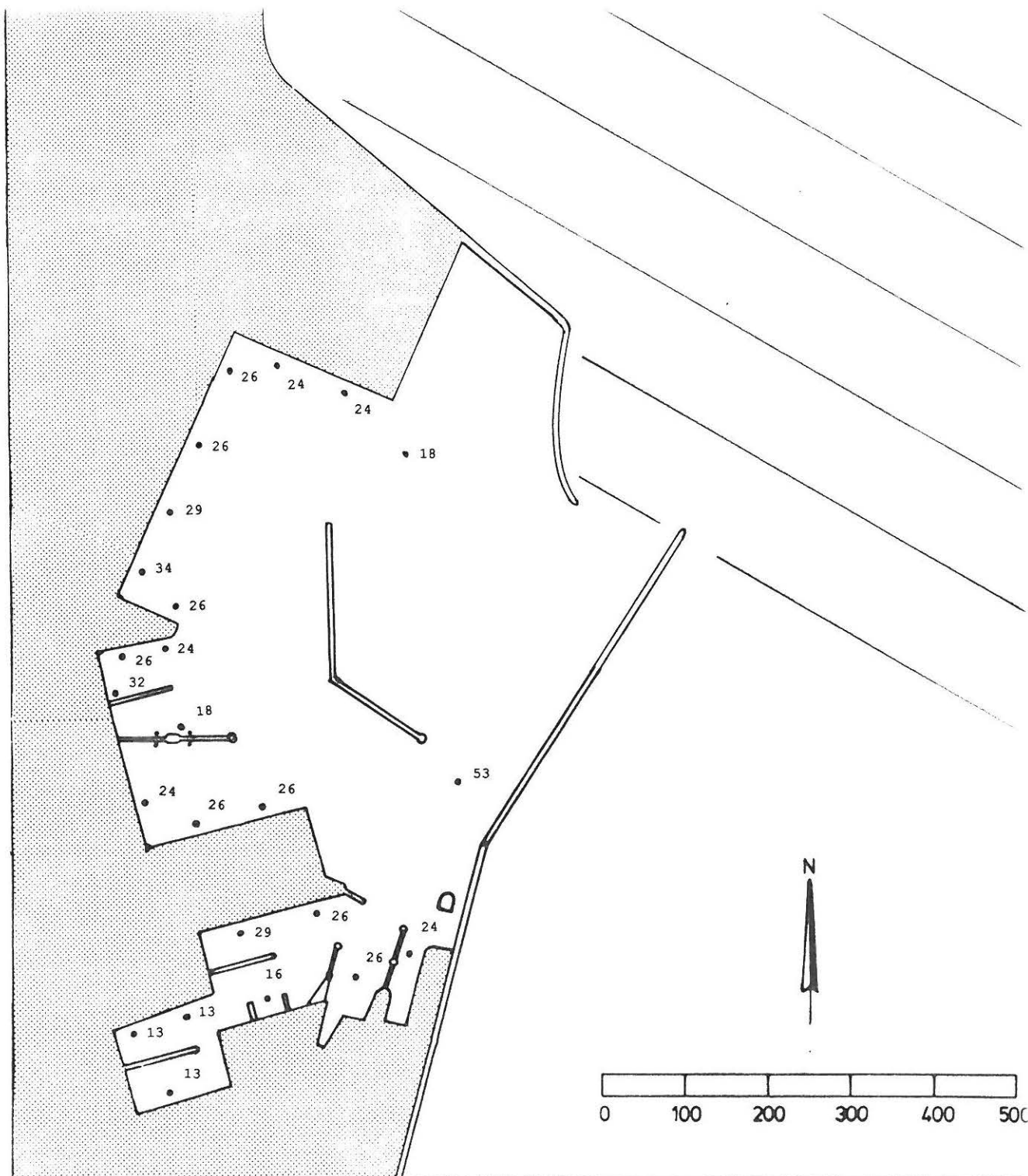
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Målte bølgehøjder.

Dato : 6.2.1992

Bilag nr. : 3.10



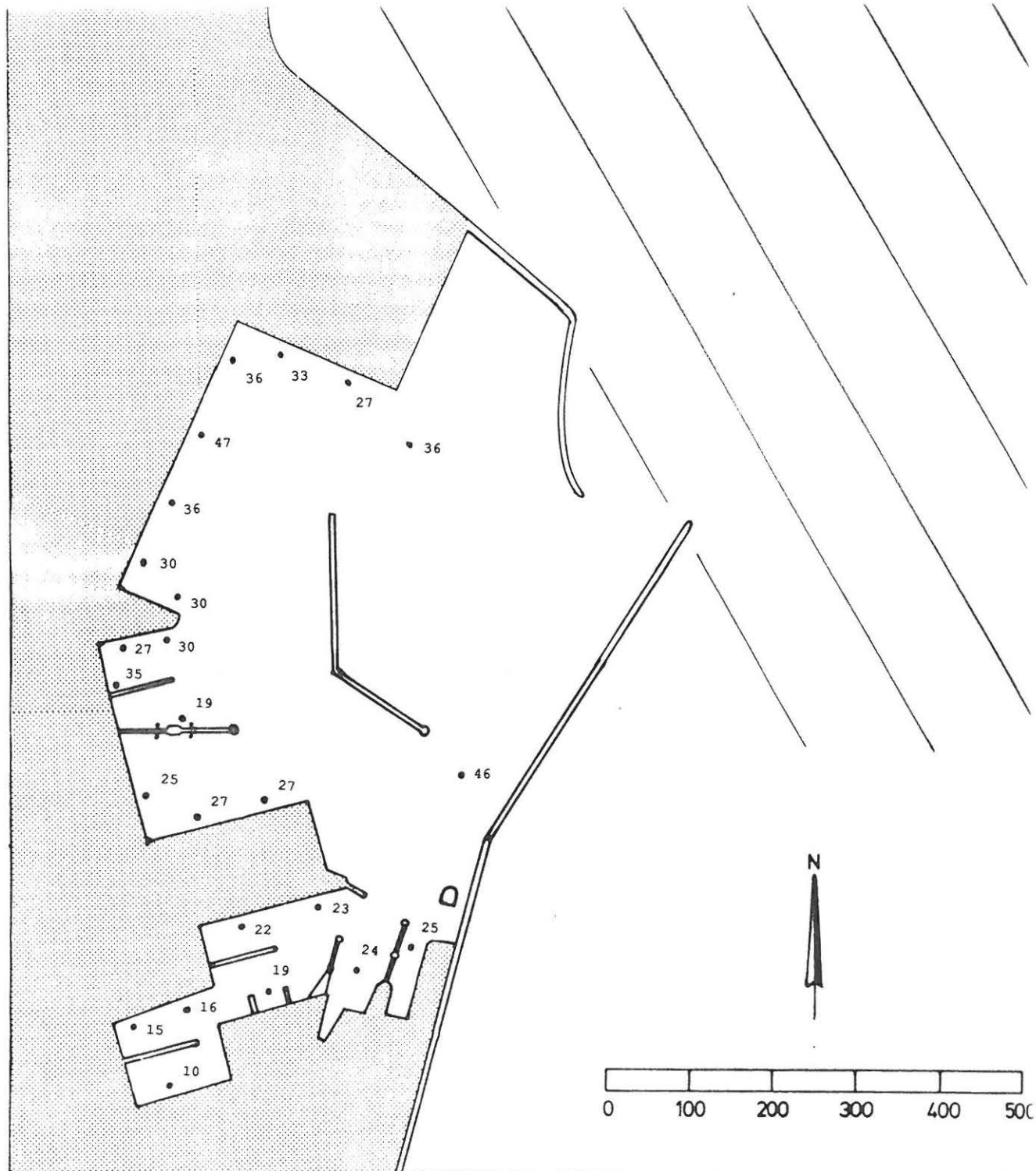
Signifikante bølgehøjder (cm) i revideret design.

Bølger fra N30.

Hs ved bølgemaskine 2.5 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Målte bølgehøjder.	Dato : 6.2.1992
	Bilag nr. : 3.11



Signifikante bølgehøjder (cm) i revideret design.

Bølger fra N60.

Hs ved bølgemaskine 2.6 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

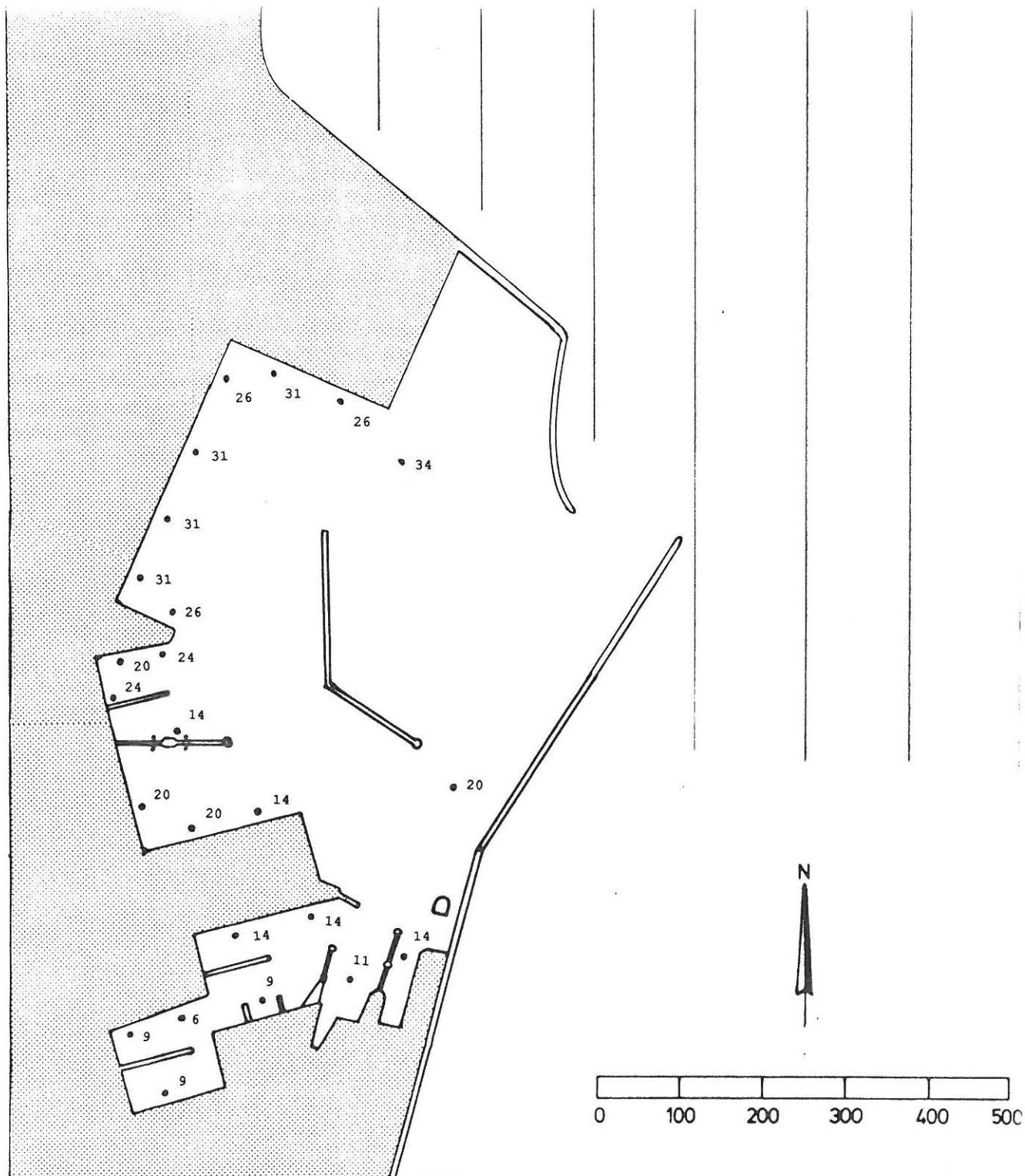
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Målte bølgehøjder.

Dato : 6.2.1992

Bilag nr. : 3.12



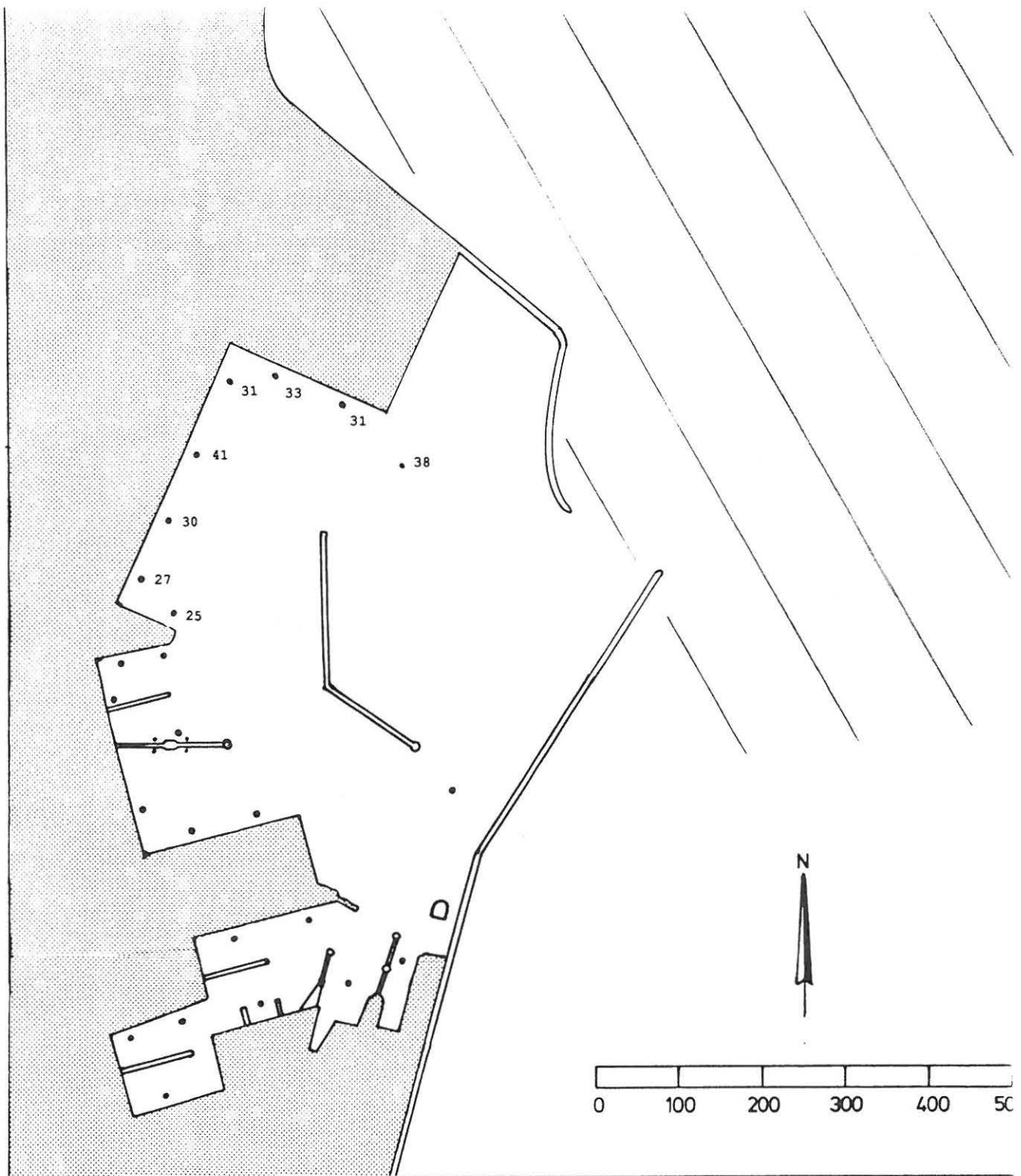
Signifikante bølgehøjder (cm) i revideret design.

Bølger fra Øst.

Hs ved bølgemaskine 3.4 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Målte bølgehøjder.	Dato : 6.2.1992
	Bilag nr. : 3.13



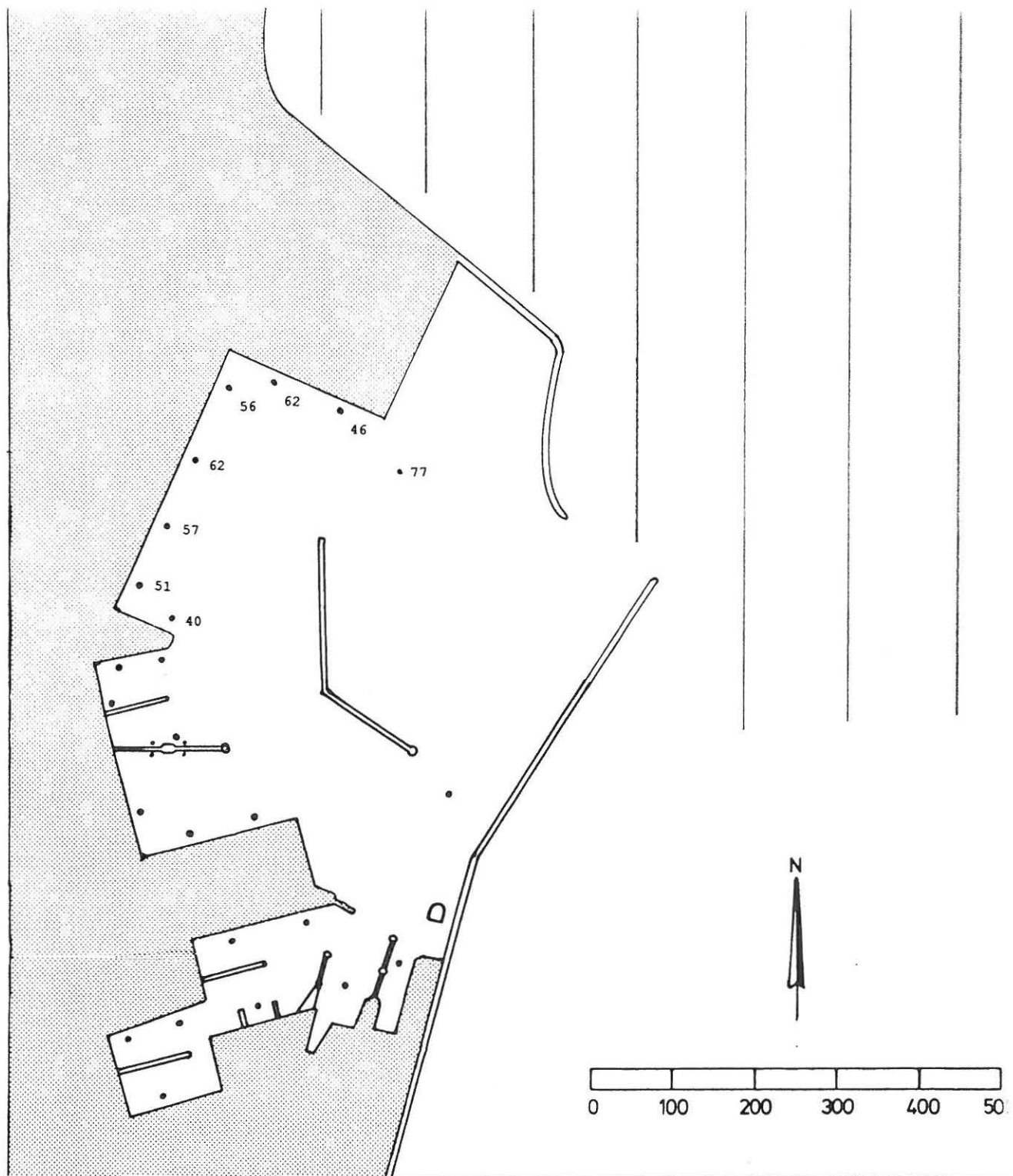
Signifikante bølgehøjder (cm) i revideret design, - 50 m Østmole.

Bølger fra N60.

Hs ved bølgemaskine 2.6 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Målte bølgehøjder.	Dato : 6.2.1992
	Bilag nr. : 3.14



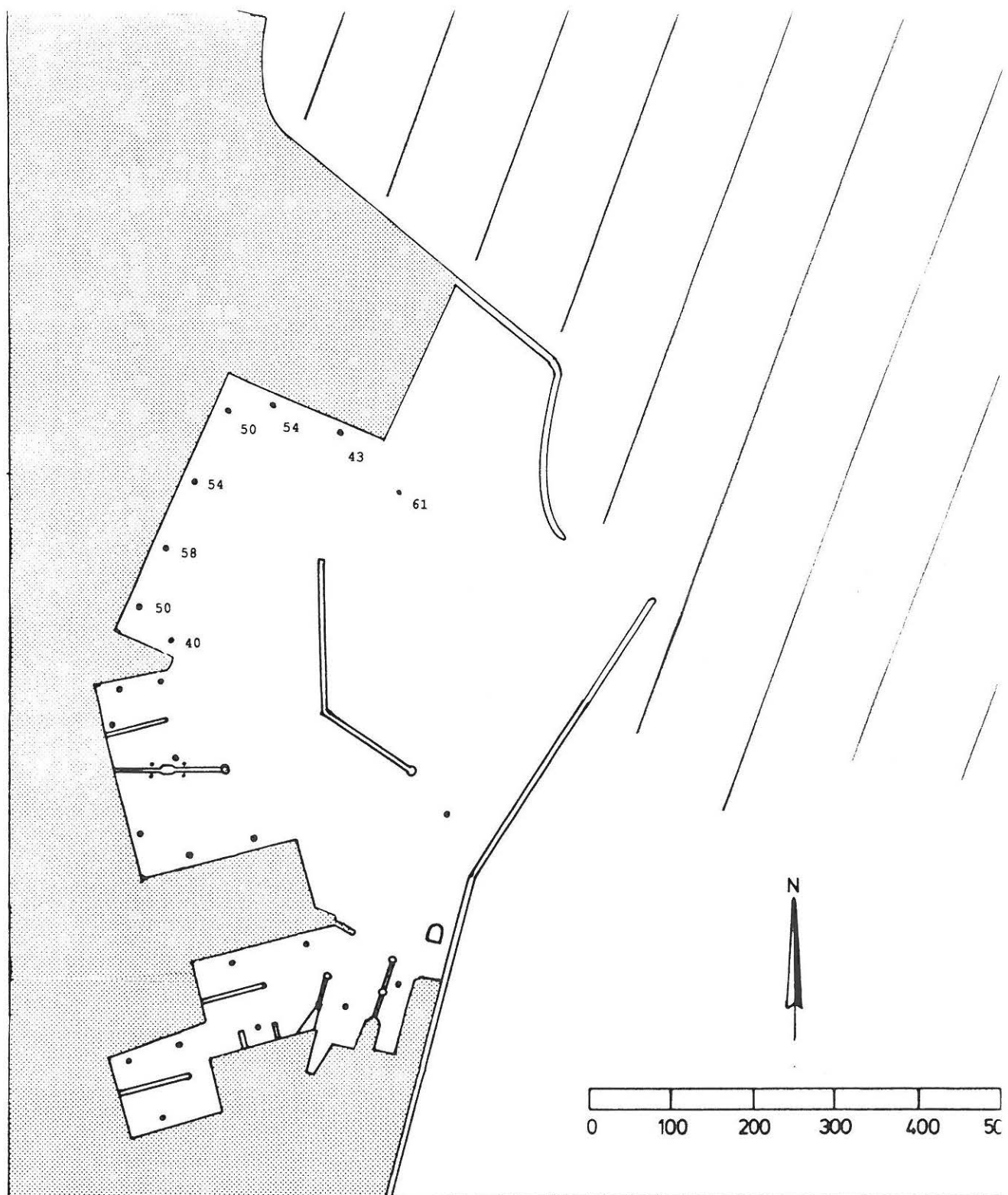
Signifikante bølgehøjder (cm) i revideret design, - 50 m Østmole.

Bølger fra Øst.

Hs ved bølgemaskine 3.4 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Målte bølgehøjder.	Dato : 6.2.1992
	Bilag nr. : 3.15



Signifikante bølgehøjder (cm) i revideret design, - 50 m Østmole.

Bølger fra Ø20 (110 grader azimuth).

Hs ved bølgemaskine 3.7 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

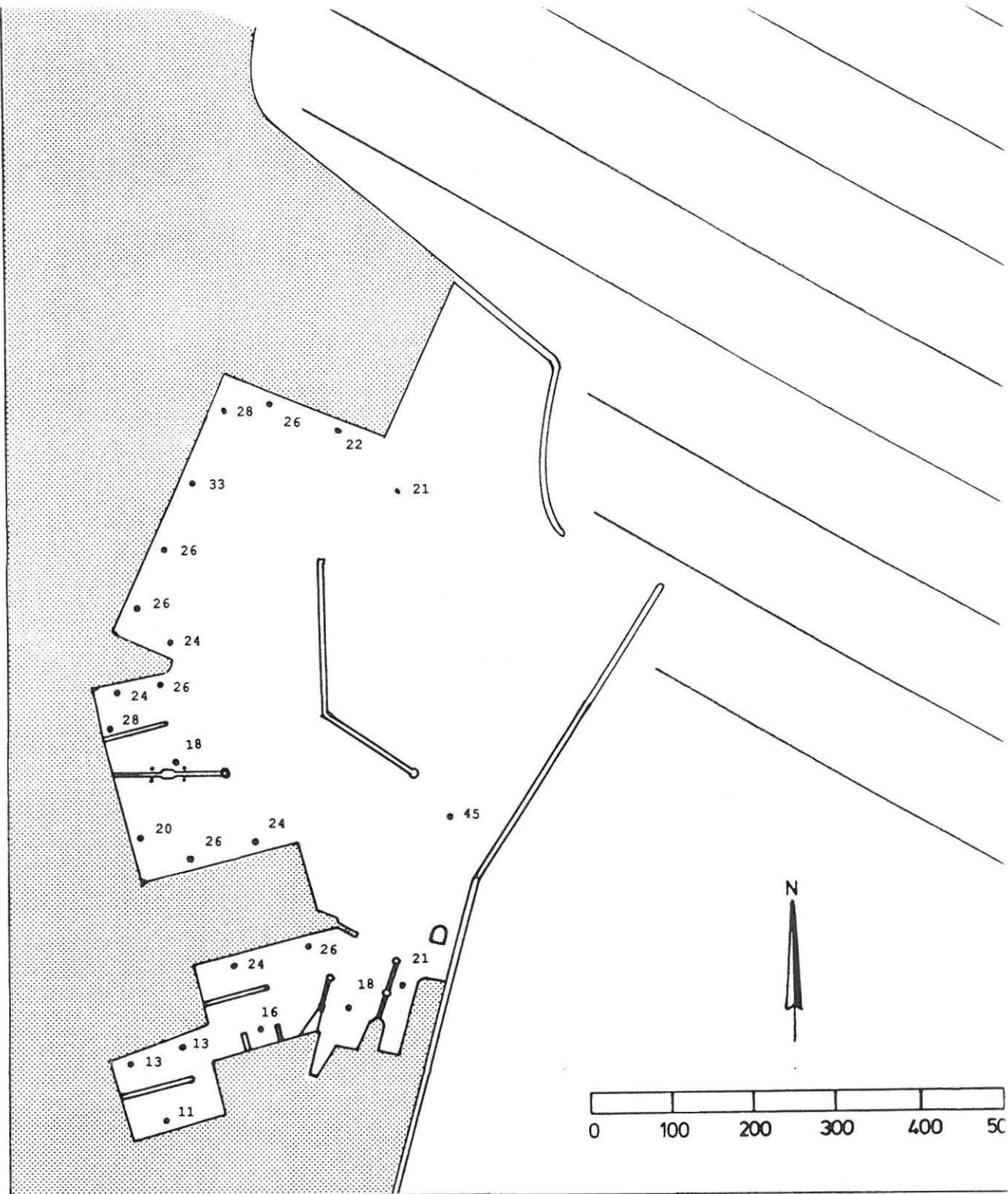
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Målte bølgehøjder.

Dato : 6.2.1992

Bilag nr. : 3.16



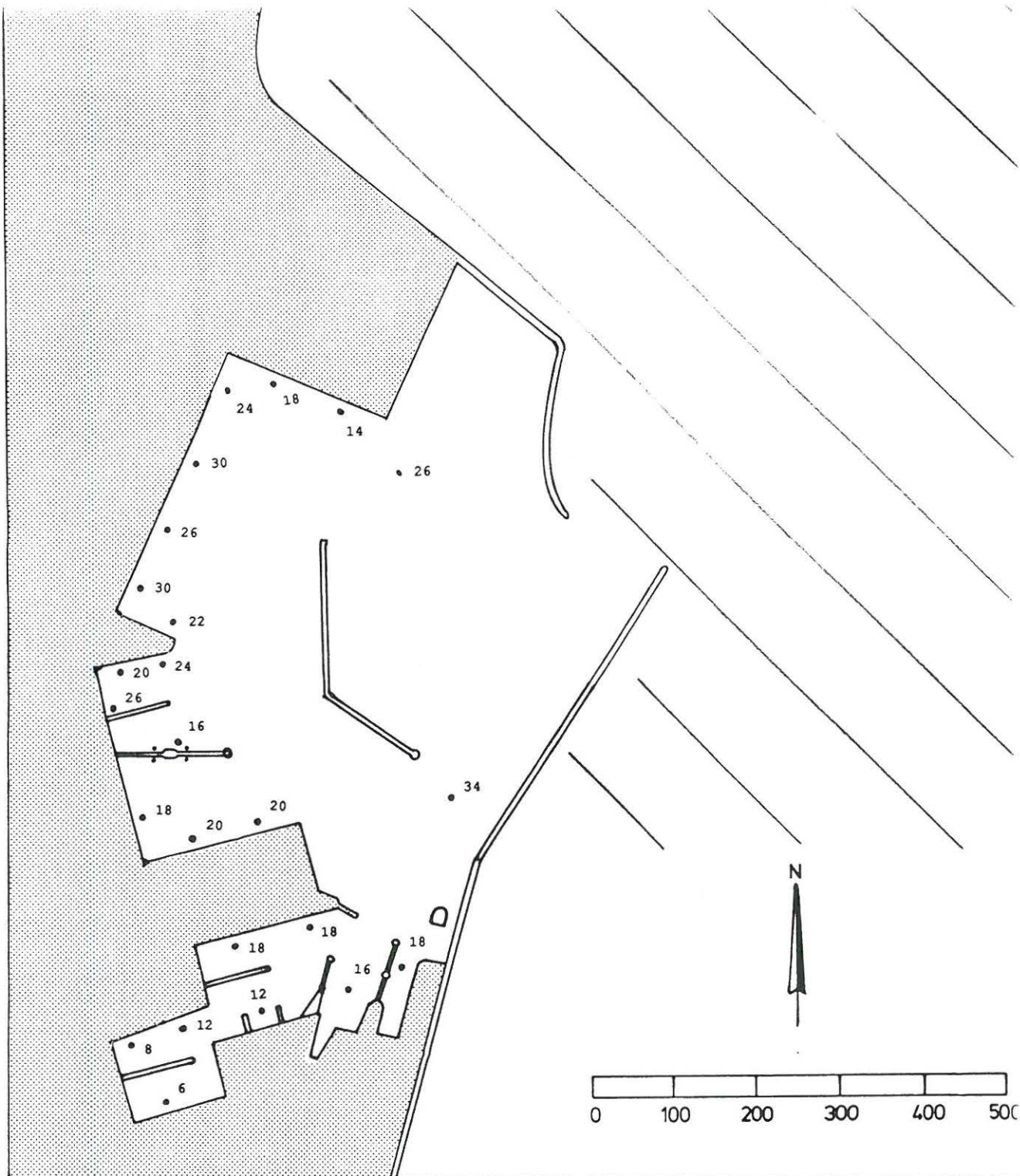
Signifikante bølgehøjder (cm) i revideret design, - 35 m Østmole.

Bølger fra N30.

Hs ved bølgemaskine 2.5 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Målte bølgehøjder.	Dato : 6.2.1992
	Bilag nr. : 3.17



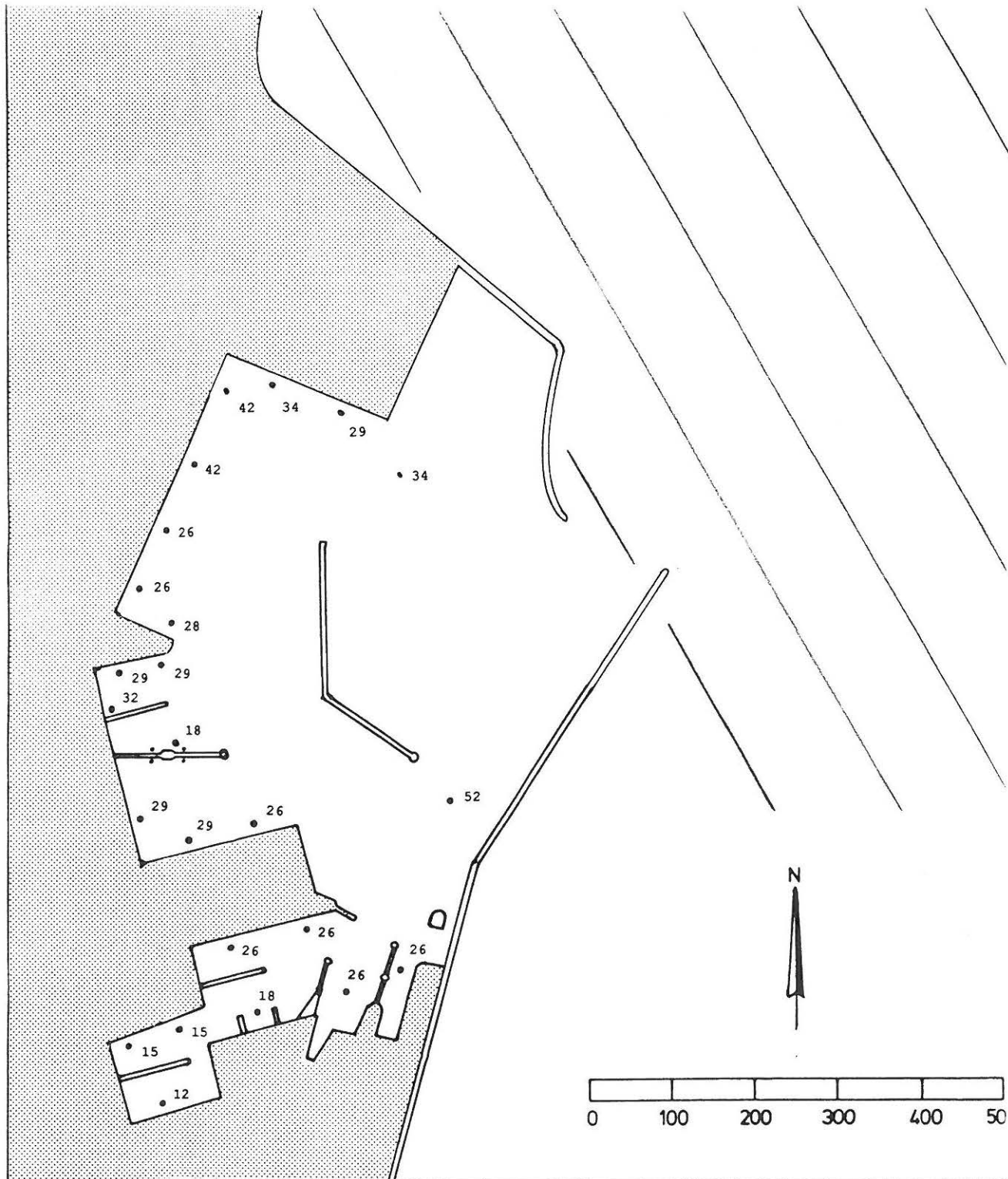
Signifikante bølgehøjder (cm) i revideret design, - 35 m Østmole.

Bølger fra N45.

Hs ved bølgemaskine 2.2 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Målte bølgehøjder.	Dato : 6.2.1992
	Bilag nr. : 3.18



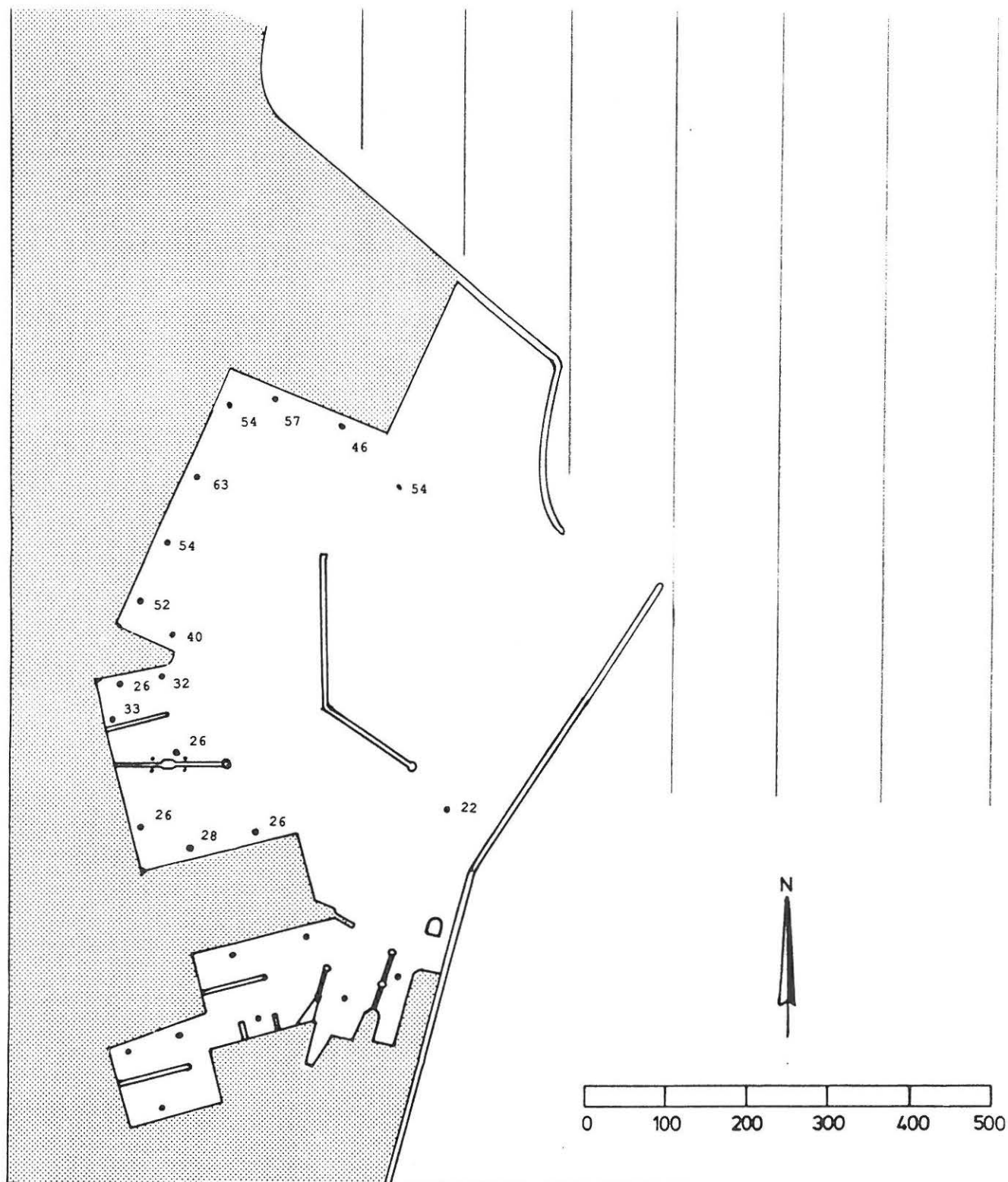
Signifikante bølgehøjder (cm) i revideret design, - 35 m Østmole.

Bølger fra N60.

Hs ved bølgemaskine 2.6 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Målte bølgehøjder.	Dato : 6.2.1992
	Bilag nr. : 3.19



Signifikante bølgehøjder (cm) i revideret design, - 35 m Østmole.

Bølger fra Øst.

Hs ved bølgemaskine 3.4 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

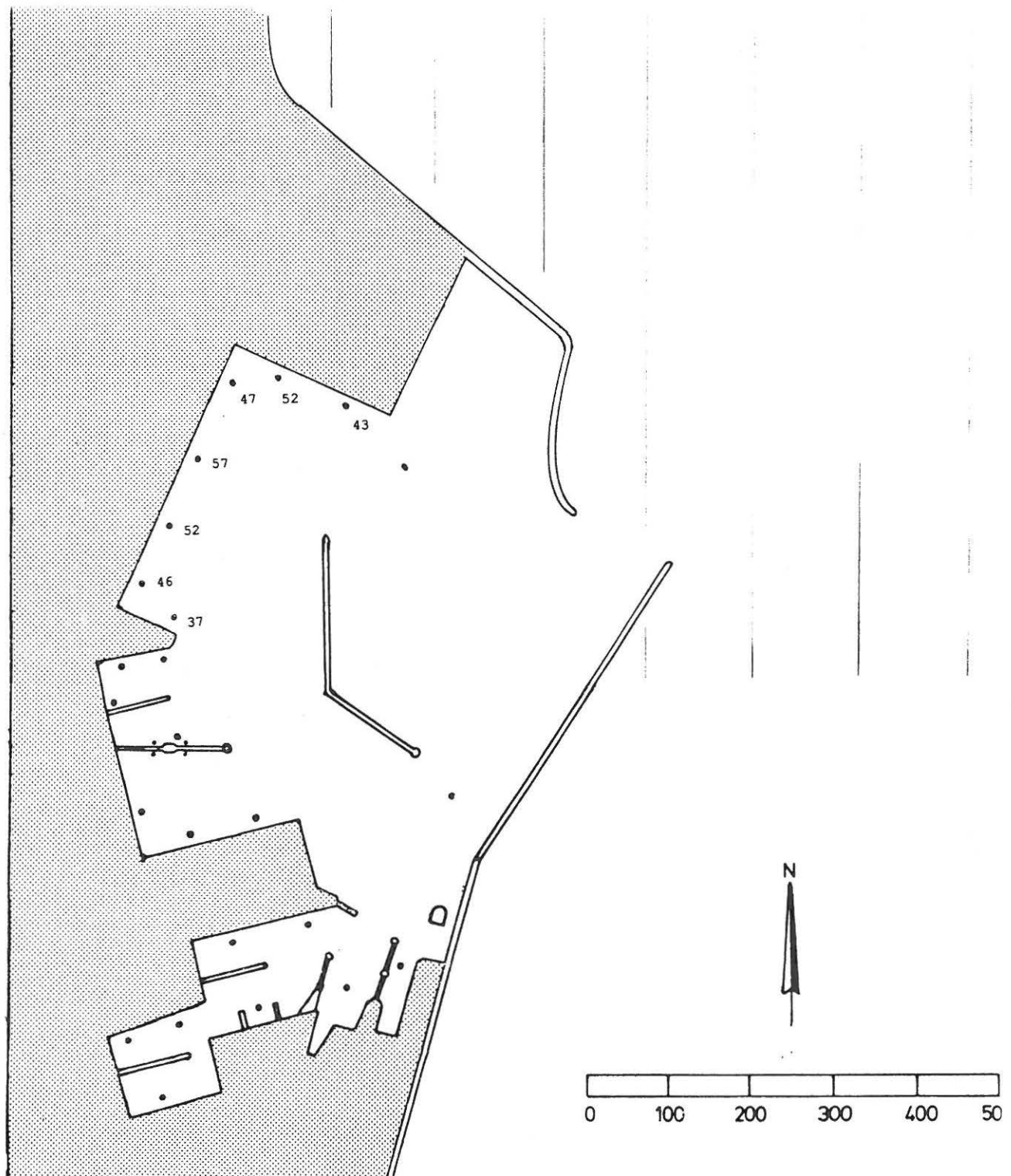
Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Målte bølgehøjder.

Dato : 6.2.1992

Bilag nr. : 3.20



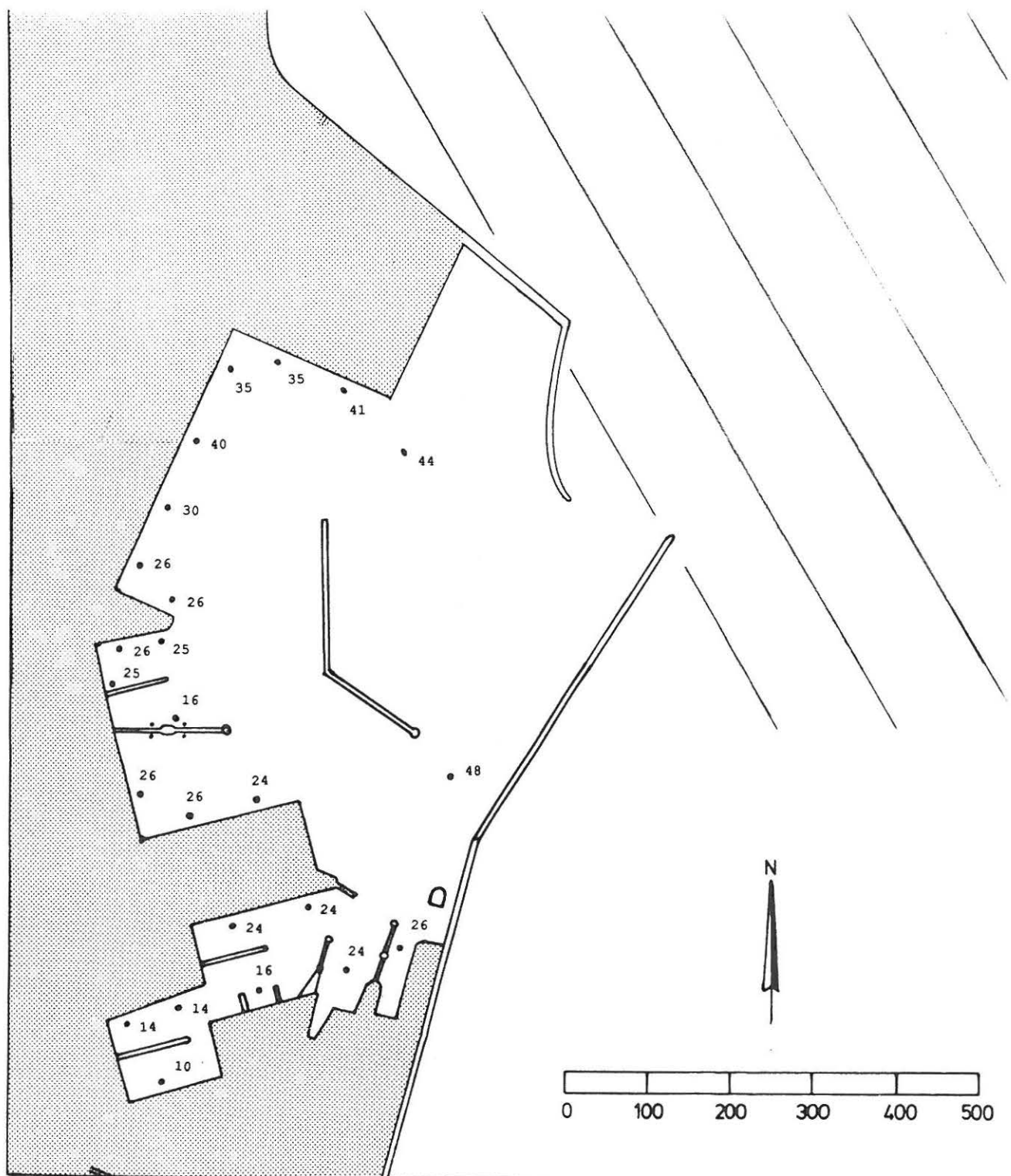
Signifikante bølgehøjder (cm) i revideret design, - 25 m Østmole.

Bølger fra Øst.

Hs ved bølgemaskine 3.4 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Målte bølgehøjder.	Dato : 6.2.1992
	Bilag nr. : 3.21



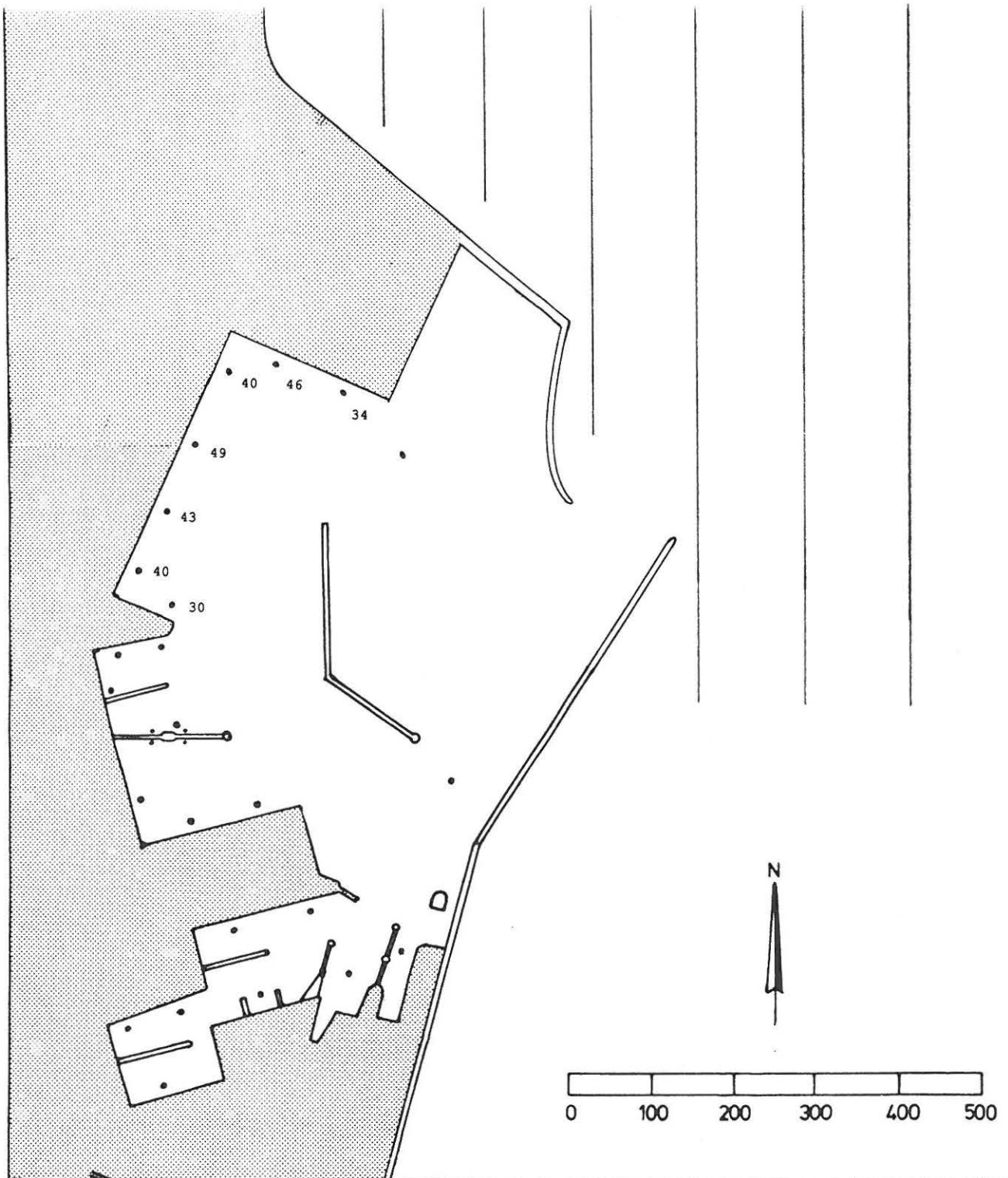
Signifikante bølgehøjder (cm) i revideret design, - 15 m Østmole.

Bølger fra N60.

Hs ved bølgemaskine 2.6 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Målte bølgehøjder.	Dato : 6.2.1992
	Bilag nr. : 3.22



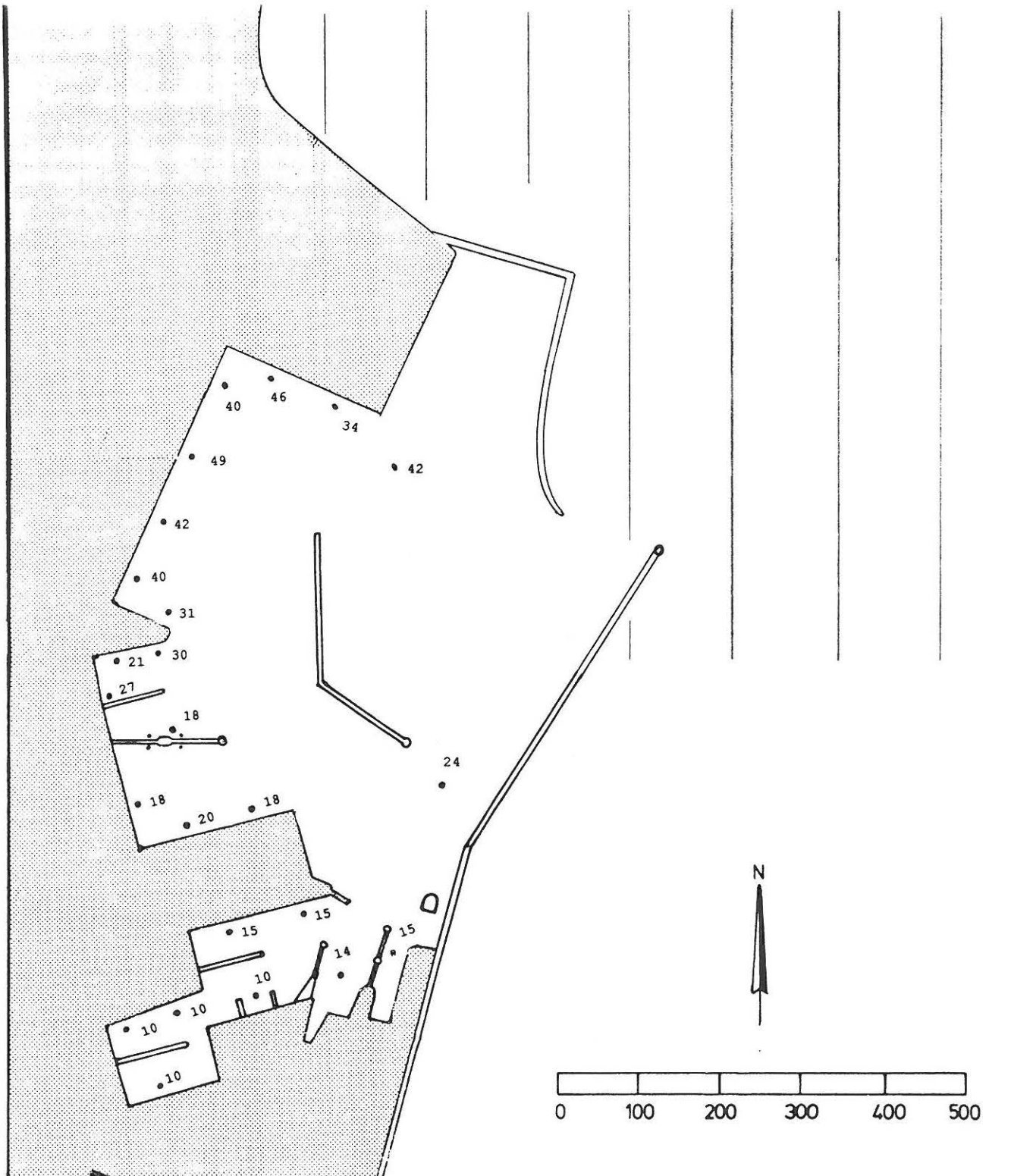
Signifikante bølgehøjder (cm) i revideret design, - 15 m Østmole.

Bølger fra Øst.

Hs ved bølgemaskine 3.4 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Målte bølgehøjder.	Dato : 6.2.1992
	Bilag nr. : 3.23



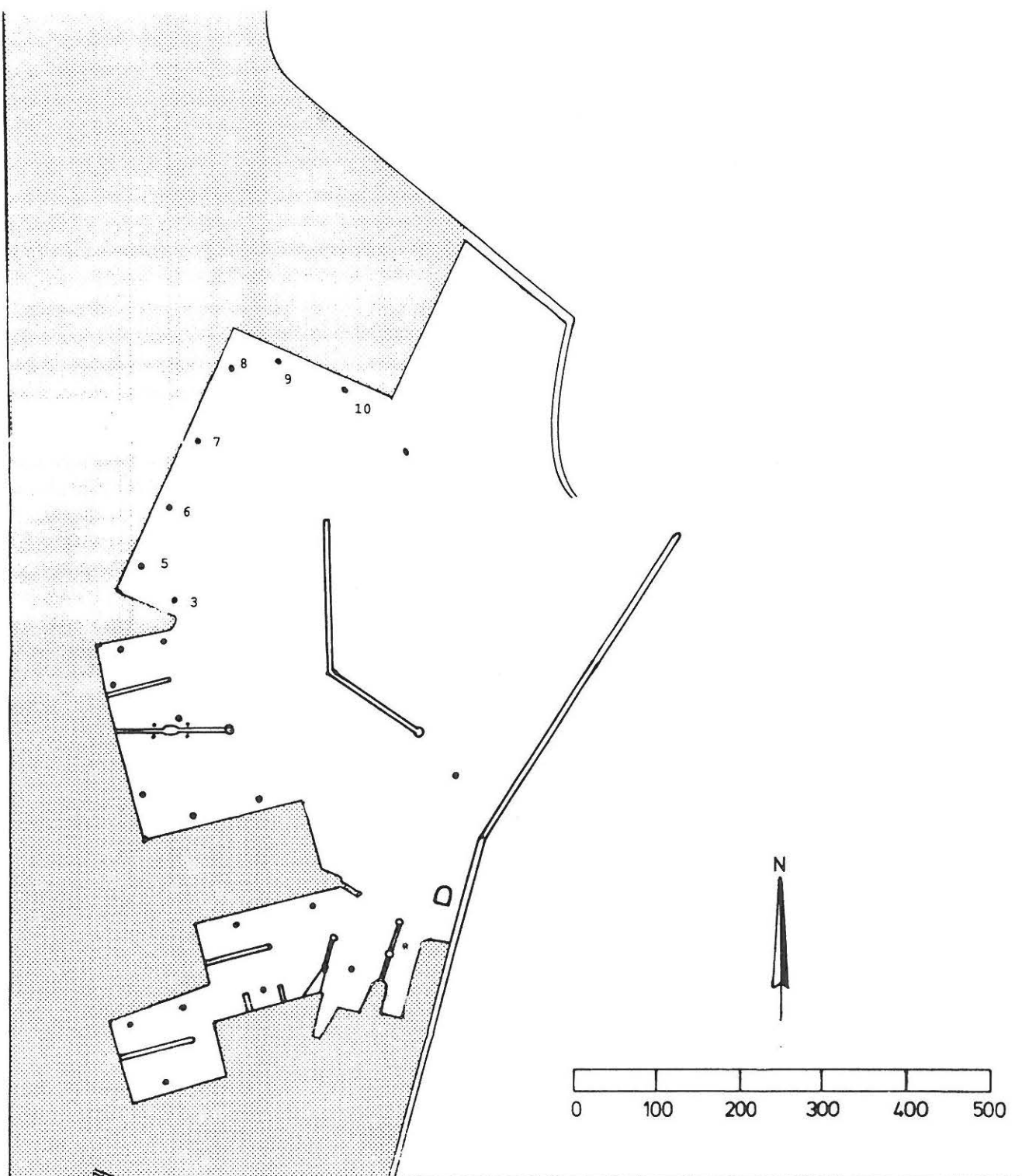
Signifikante bølgehøjder (cm) i Dansk Geotekniks forslag + Nordmole,
Østmole - 15 m.

Bølger fra øst.

H_s ved bølgemaskine 3.4 m, $T_p = 9.5$ sek.

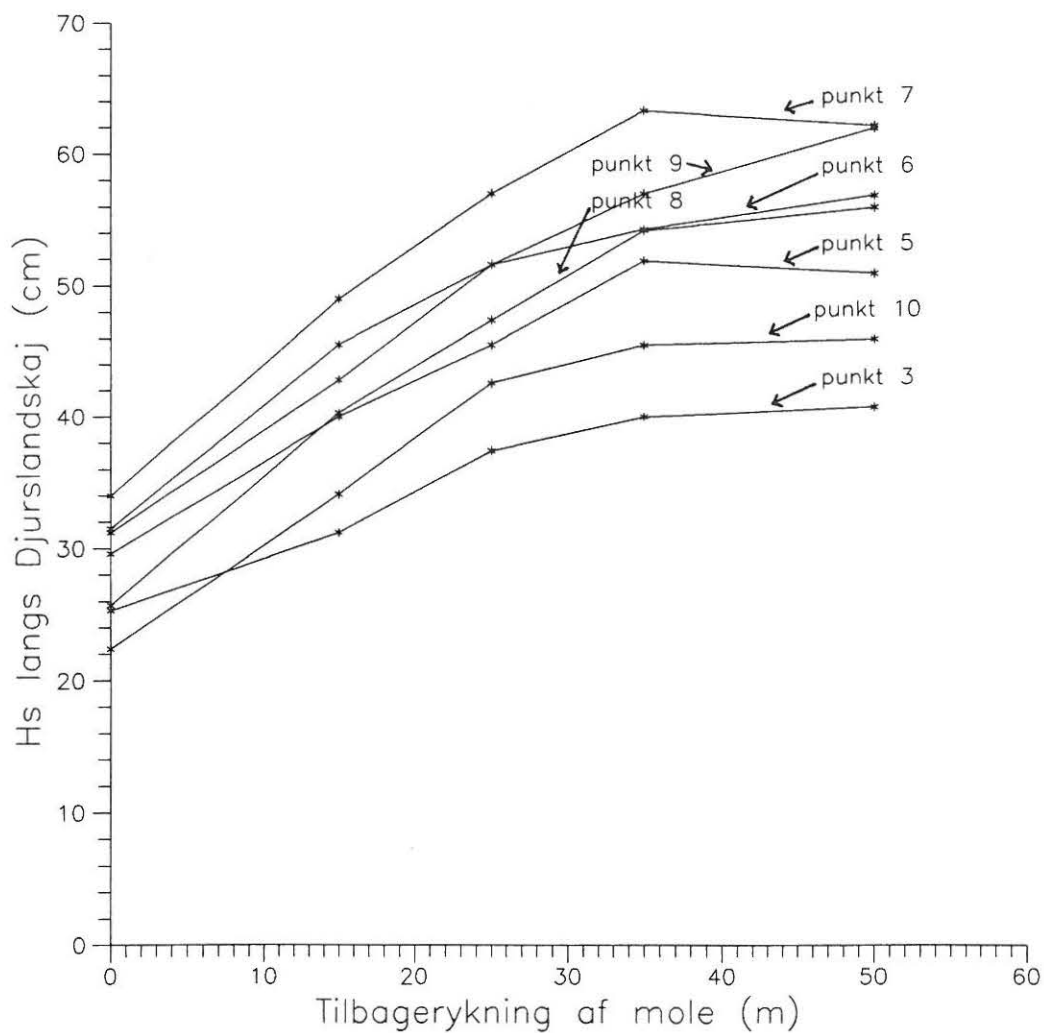
Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Målte bølgehøjder.	Dato : 6.2.1992
	Bilag nr. : 3.24



Definition af målepunkter langs Djurslands kaj.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Definition af målepunkter langs Djurslandskajen.	Dato : 17.2.1992
	Bilag nr. : 3.25



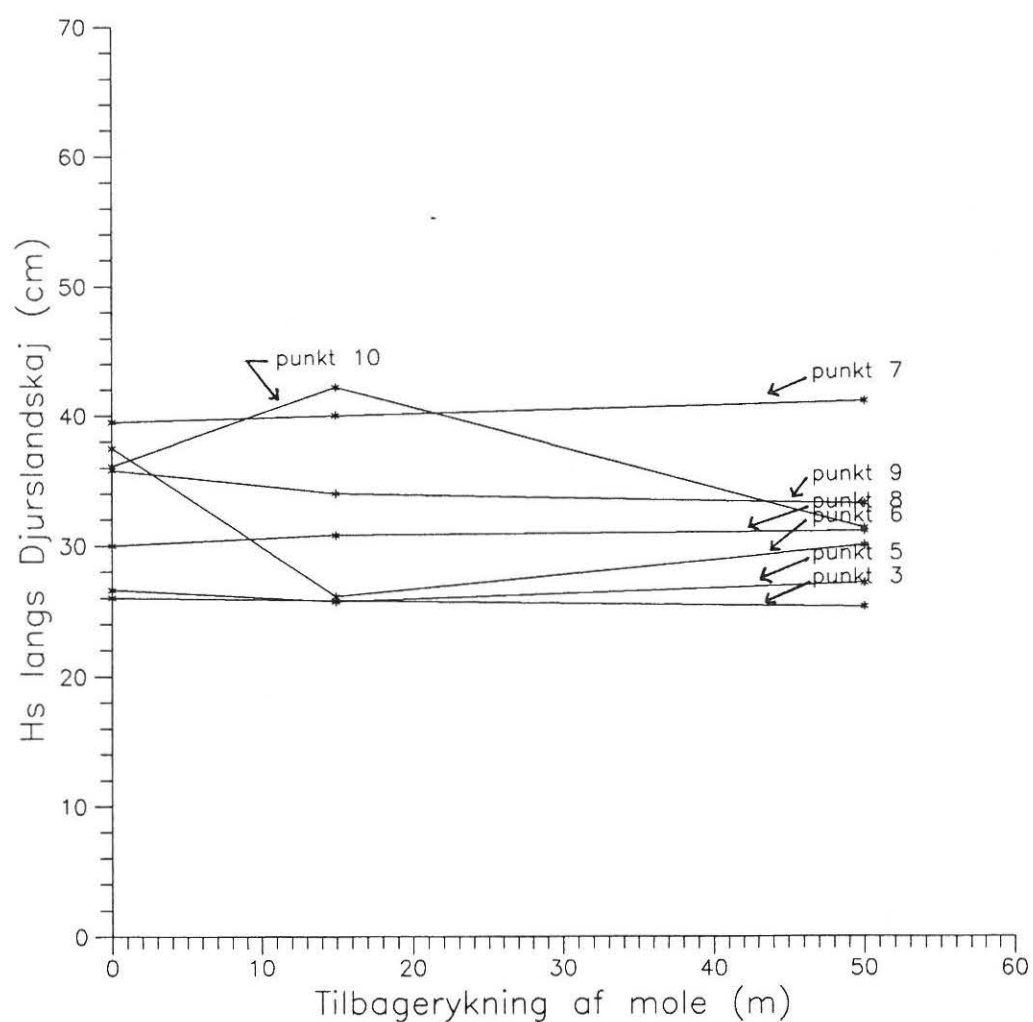
Signifikante bølgehøjder (cm) som funktion af tilbagerykningen af østmolen.

Bølger fra Øst (90 grader azimuth).

H_s ved bølgemaskine 3.4 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Bølgehøjders afhængighed af længden af Østmolen.	Dato : 17.2.1992
	Bilag nr. : 3.26



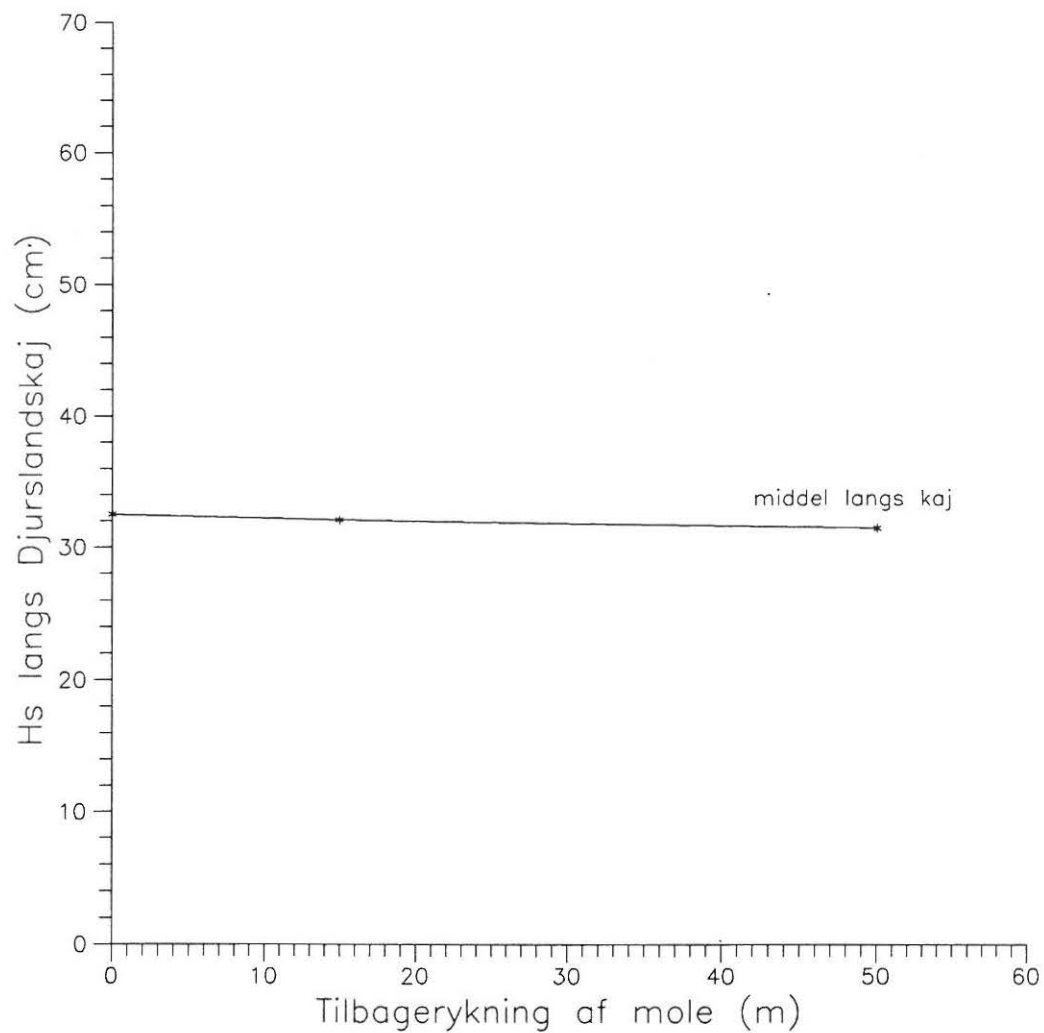
Signifikante bølgehøjder (cm) som funktion af tilbagerykningen af østmolen.

Bølger fra N 60 (60 grader azimuth).

H_s ved bølgemaskine 2.6 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Bølgehøjders afhængighed af længden af Østmolen.	Dato : 17.2.1992
	Bilag nr. : 3.28



Signifikante bølgehøjder (cm) som funktion af tilbagerykningen af østmolen.

Bølger fra N 60 (60 grader azimuth).

H_s ved bølgemaskine 2.6 m, $T_p = 9.5$ sek.

Bølgerne svarer til en overskridelse på 3 timer pr. 50 år.

Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.	
Grenaa Havn. Ny Nordhavn.	
Middelbølgehøjdens afhængighed af længden af Østmolen.	Dato : 17.2.1992
	Bilag nr. : 3.29

Støbning af model.



Eksisterende havn.



Eksisterende havn.



Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Fotografier af modellen.

Dato : 17.2.1992

Bilag nr. : 4.01

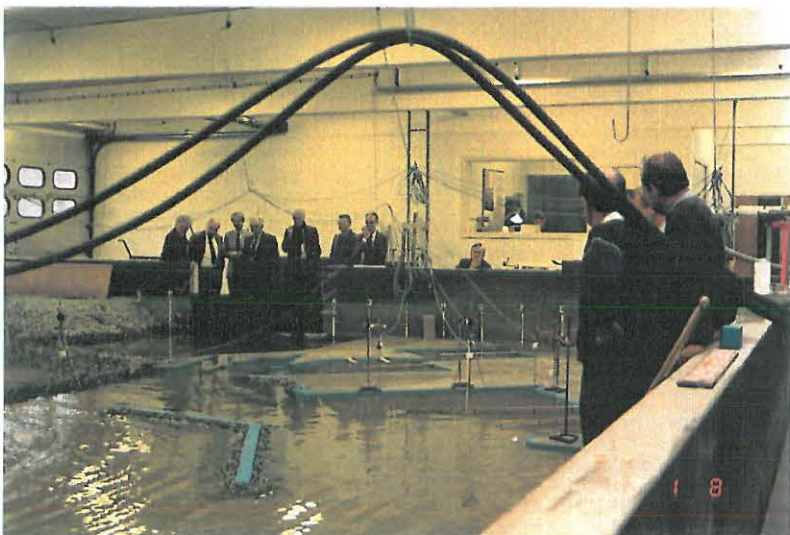
Dansk Geotekniks forslag.
Bølger fra Øst.



Revideret design.
Bølger fra N60.



Besigtigelse af modellen.



Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universitetscenter.

Grenaa Havn. Ny Nordhavn.

Fotografier af modellen.

Dato : 17.2.1992

Bilag nr. : 4.02